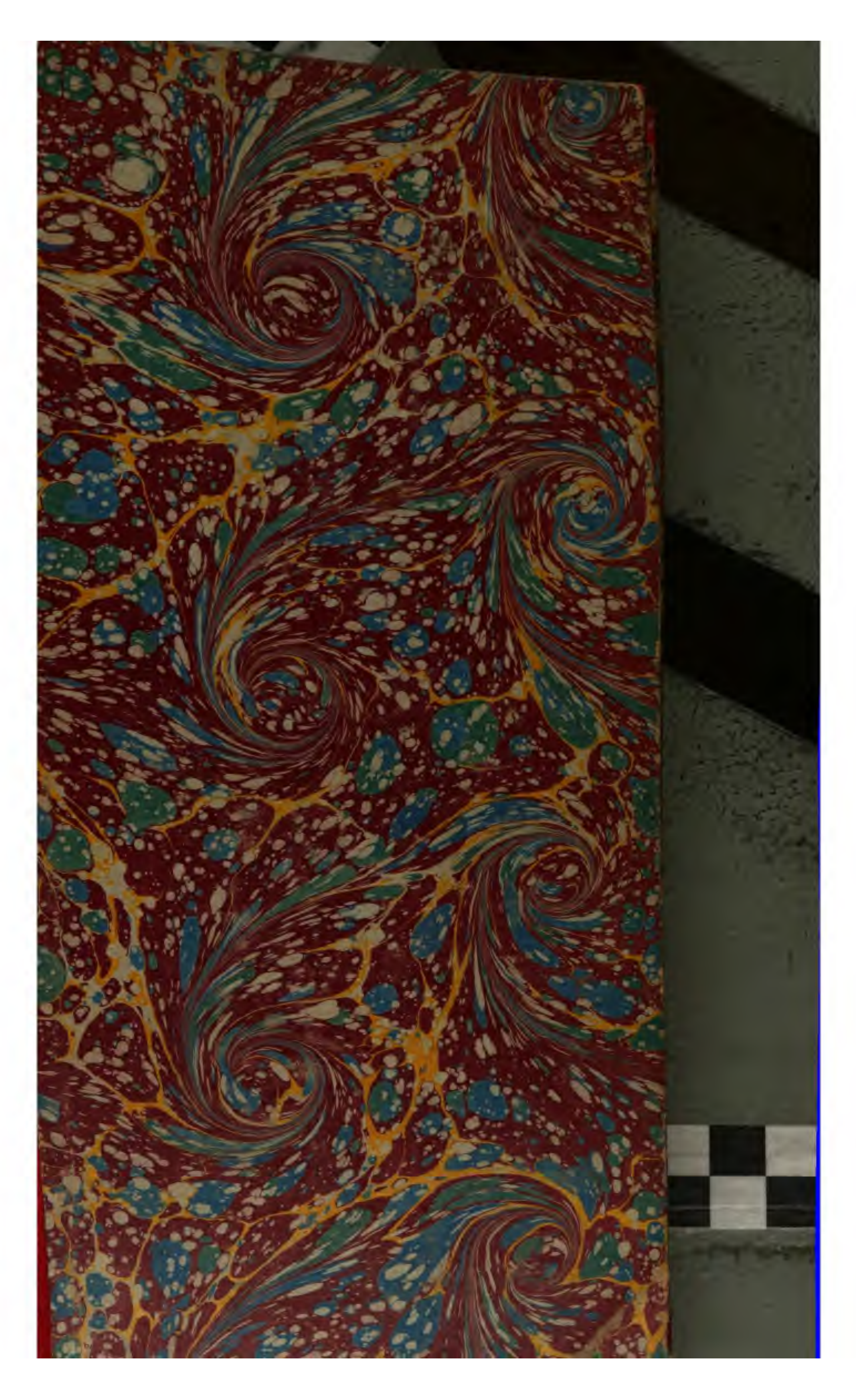
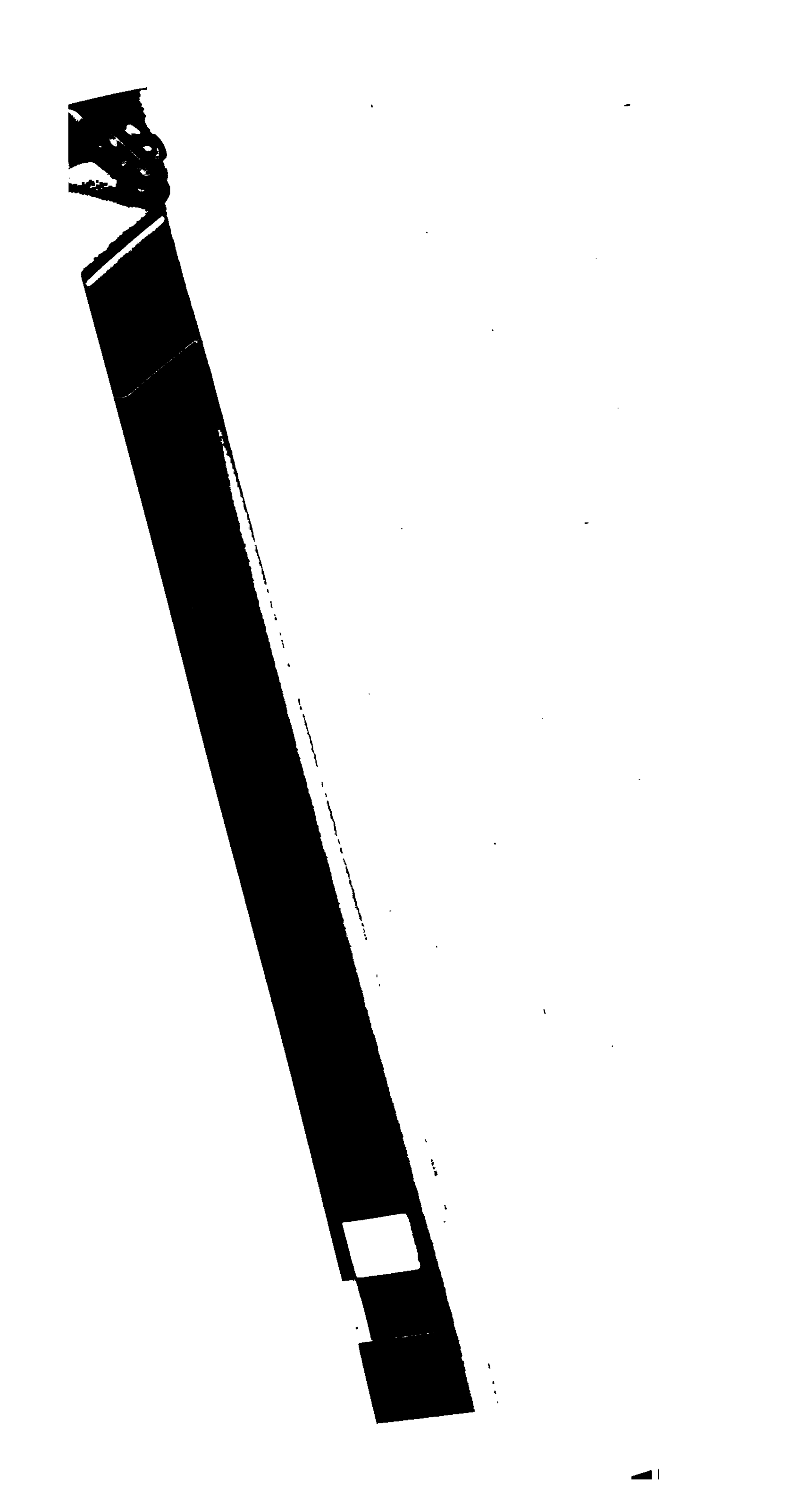




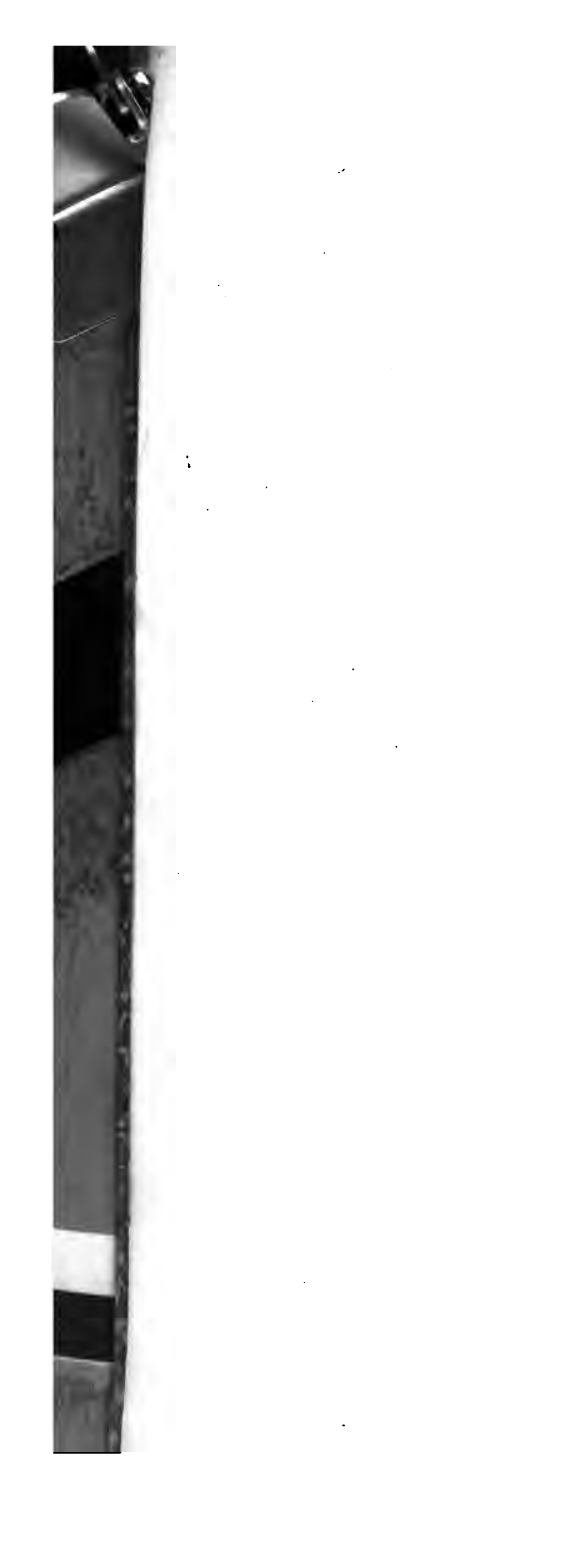




EXPÉRIMENTALE

TRAVAUX

OIRE DE M. MAREY



[B]IQUE DES HAUTES ÉTUDES

[PHYSIOLOG]IE EXPÉRIMENTALE

TRAVAUX

DU

[LABORAT]OIRE DE M. MAREY

[PROFES]SEUR AU COLLÉGE DE FRANCE

ANNÉE 1875

160 Figures dans le texte

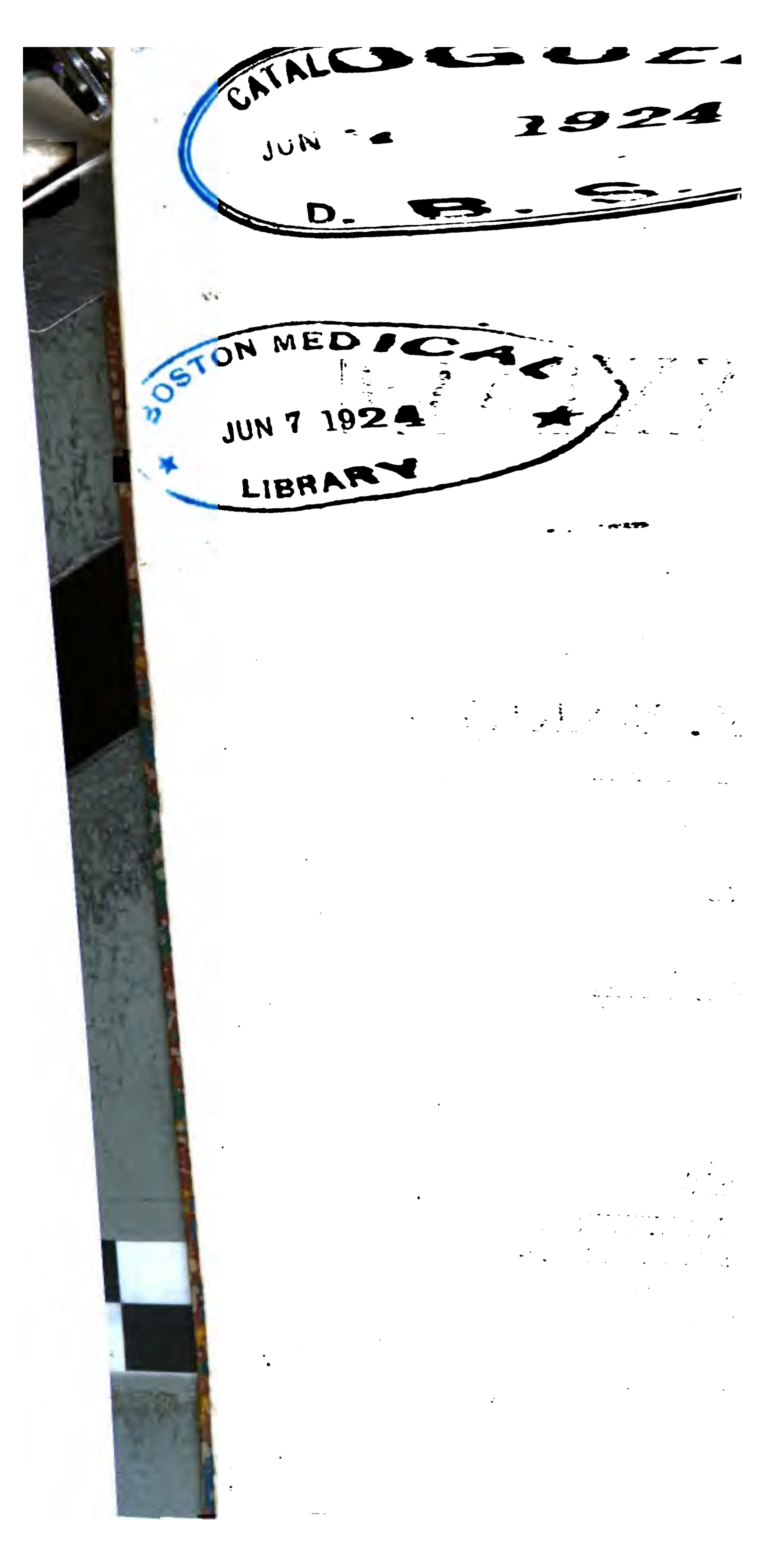
PARIS

MASSON, ÉDITEUR

DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Place de l'École-de-Médecine 17

MDCCCLXVI.


CATAL
JUN
1924
D. B. S.
BOSTON MEDICAL
JUN 7 1924
LIBRARY

PRÉFACE

iologie est restée pendant longtemps une
*ée; dé*finie par Haller : *Anatome animata*,
it n'être abordable qu'à de rares initiés.
ui, sans négliger les études anatomiques
nt de point de départ, la physiologie donne
utres sciences; elle emprunte leur concours
les phénomènes physiques, chimiques ou
dans les organes et dans les tissus vivants.
e précision était autrefois le triste caractère
siologiques ; on niait même que les actes
nt soumis à des lois rigoureuses, parce
ait encore discerner ces lois. Mais les vi-
lement pratiquées montrèrent qu'un phé-
être reproduit avec certitude et toujours
même, quand on se place dans les condi-
l'expérimentation des physiologistes put
re à la même rigueur que celle des physi-

ciens
aux a
Il s
et la c
nemen
pourqu
sources
Toute
sciences
considér
domine à
et ceux d
Que fa
expérience
vements, 1
tures, des
toute expér
Or, de to
science poss
plus puissan
emploi génér
l'usage des a
perfectionner.
doivent le sui
une expérienc
moyen d'une m
enfance. Ces a
vants; les appa
dans les observa

boratoires de physique et dans ceux de

conviction est faite : presque tout ce
objectif, c'est-à-dire changement d'état
t être étudié par cette méthode ; n'y pas
à l'observation pure et au témoignage
s, ce serait se condamner volontaire-

té comprise. Après avoir été pendant
teur et le seul représentant de cette
s physiologistes français, j'ai vu cesser
t pénible ; un accueil sympathique a été
, l'emploi de mes instruments s'est ra-
; enfin, le laboratoire où je travaillais
ırd'hui parmi ses élèves ou ses hôtes
hommes animés d'un grand zèle pour
e à leur concours, dont je les remercie,
ıdre rapidement le champ de nos études

era dans ce volume plusieurs mémoires
d'importantes applications pratiques.
conséquence d'études sur la fonction
manière dont le travail s'engendre dans
ınsmet au dehors, j'ai été conduit à pro-
le mieux utiliser le travail des moteurs
ire de diminuer la fatigue de l'homme
ıux.

travail ayant pour objet l'étude de la
r, je montre comment on peut inscrire



IV

la
lad
pe
sig

sa
ne
len
pe
sè
du
d'u
tio
no
bru
l'h
ap
ob
tio

au
ca
no
to
te

co
fo

ulsio[illegible]ns intermittentes comme celles du cœur sur
e sa[illegible]guin.

que j'eusse depuis longtemps signalé la cause du
sement ou dicrotisme du pouls, que j'eusse
ue l'existence de ce phénomène est à peu près
et montré qu'il est d'ordre purement physique,
pas encore une connaissance complète du tra-
des sanguines dans le système artériel, j'avais
ce point émis certaines idées inexactes. Le
° 3 a pour objet de préciser la nature de ce phé-
; d'étudier les caractères et les mouvements
iquides dans toutes les conditions possibles.

on si importante des nerfs vasculaires devra
aucoup par les progrès ultérieurs de l'ana-
il existe, dès à présent, dans la science un
re de notions dont l'importance semble par-
happé et dont la valeur serait extrême si
coordonnées et mises en lumière.

ançois-Franck s'est chargé de cette tâche
ans le mémoire ayant pour titre : *Des
ires de la tête*, on trouvera exposé clai-
s points les plus compliqués de l'anatomie
nparée.

er ce qui est relatif à la circulation, je
études sur la vitesse et la pression du
dans le mémoire n° IX, avec les lois qui
hangements de cette pression et de cette

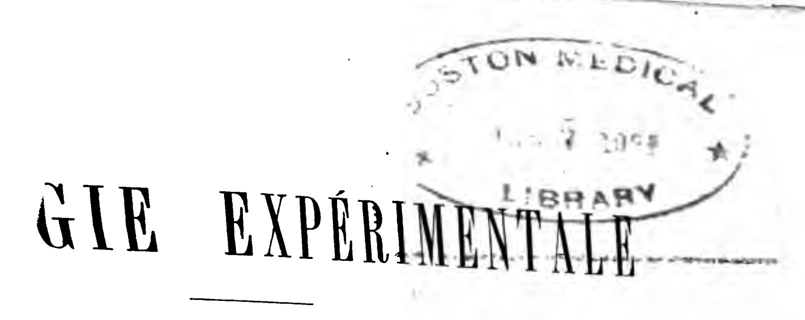
vitesse, suivant qu'il se
l'action du cœur ou da
Les physiologistes
de discerner avec cert
ments circulatoires ;
de leurs expériences
n'existeront plus dés

Dans la plupart d
la physiologie côt
mites artificielles
être franchies. C
au sujet du mé
duquel j'ai dû
tance de l'air.
Du reste, le
tant en prése
chimie qu'ils
des sécrétio
physiologie
c'est la mé
comment
qu'on voi

Pari

TABLE DES MÉMOIRES

CONTENUS DANS CE VOLUME.



GIE EXPÉRIMENTALE

_aboratoire de M. le professeur MAREY.

I

D'ÉCONOMISER LE TRAVAIL MOTEUR DE L'HOMME ET DES ANIMAUX

de l'élasticité dans les appareils moteurs des êtres vivants.

points les plus intéressants de la physiologie du
t chez les animaux, c'est la détermination du rôle
cité des tissus. Partout où le mouvement existe
ganisme vivant, on voit associée à sa production
é de quelque organe. Ainsi, dans l'appareil circu-
on trouve les vaisseaux doués d'une élasticité
; dans celui de la respiration, le poumon est très-
e également; enfin, la fibre musculaire elle-même,
ı propriété de contractilité, possède une élasticité très-
.

trer que l'élasticité des organes n'a pas seulement
effet de régulariser les mouvements dont ils sont le
mais qu'elle accroît le travail utile qui s'accomplit en
telle a été depuis longtemps ma préoccupation; et je
avoir prouvé que dans la circulation du sang, aussi bien
dans l'action des muscles volontaires, l'élasticité joue
rôle indispensable.

Dans la circulation, l'é
pas pour effet unique c
tinu le mouvement sacca
A cette influence depu
autre plus importante
physiologistes ne s'ét
économise le travail d

On prétendait prou
dynamique, l'élastici
n'augmente pas la p
repos du cœur, le sa
et continue à se mo
la restitution d'un
cœur qui a disten
plus tard. On con
du travail produi

Dans ce raison
mique présente
moteur dépense
Or, ce dernie
inutile ou mê
liquide, on p
(c'est-à-dire
travail mote
sibles. Ce
artérielle.

Après a
ticité des
l'inertie c
ses frotte
l'expéri
termitte
inerte.

Enf
nouve
accor
En
mus

ırtérielle est perdue, s'il est vrai que certaines résistances (1).

ıvé une application plus générale lorsqu'à musculaires je constatai que, dans tout ment s'engendre d'une manière saccadée. ıvons effectuer un effort dans lequel nos ıns un état de raccourcissement permanent, ı effet de l'élasticité du muscle qui fusionne ne série de secousses successives, de même ·térielle fusionne les afflux saccadés du cœur resque uniforme des petits vaisseaux.

ɔgie entre les phénomènes de la circulation et ı musculaire, au point de vue de la transformanent, il n'y avait pas loin à conclure qu'au point sation du travail, l'élasticité musculaire présente è que celle des vaisseaux. Sans elle, en effet, t dans les muscles, à chacune des secousses qui raccourcir, des chocs destructeurs du travail et eux-mêmes (2).

étudiant les phénomènes de la locomotion chez les spèces animales, en constatant les saccades plus ononcées du mouvement de progression propre à lles, je fus amené à conclure que dans la traction ıx, les moteurs animés doivent éprouver de véri- cs, s'ils appliquent leurs efforts saccadés à des ısidérables; qu'une partie de leur travail moteur se dépenser en pure perte, et qu'il y aurait avantage ɪr leurs efforts de traction au moyen de traits élas- es expériences faites pendant les années 1872-73 les résultats ont été exposés dans mes leçons au le France (3) ont montré que le travail moteur nécesur traîner une voiture est moindre quand on emploie age un trait élastique.

la vérification de ces faits, j'ai dû construire un dynare enregistreur spécial dont la description n'a pas

ysiologie médicale de la circulation du sang, p. 127. — Paris, 1863.

Mouvement dans les fonctions de la vie, p. 465. — Paris (Germer-e), 1868.

roy. La Machine animale, p. 129. — Paris (Germer-Baillière), 1873.



encore été publiée. Cet in
de l'Association françaisе
session de Lille, séance
séance a été lu le mémo

Du moyen d'économ

De récentes expérie
résultat a été publi
qu'elles comportent,
la locomotion s'effec
Cette irrégularité
pas également acc
présente le maxim
En analysant
le corps reçoit u
moment où l'un
ment se produit
arrive au conta
Lorsqu'un h
traîne sur un
cule une vite
éprouvées da
mais, chose
plus grande
Ainsi, l'h
ment presq
fardeau, il
très-irrég
pénibles.
Cela v
loppe da
tionnée
porter ;
à la foi
celui-

(1) V
des sc

ıomme qui tire une voiture à bras, au
s bricoles de cuir en usage à Paris. Si le
légèrement montant, on voit que la cour-
ɘment relâchée et tendue; que, si le mar-
ıs, les tensions de la courroie se font plus
fin que, s'il essaie de courir, la tension de
it un coup sec, un véritable choc.

ıger de ce qui se passe, il faut s'atteler soi-
ıture. En marchant sur un terrain uni on sent
t l'effet des secousses; mais si on presse l'al-
ɘ, à chaque tension de la courroie, une commo-
qui produit contre les épaules une percussion
à la longue; aussi est-il presque impossible de
t quelque temps en traînant une voiture ainsi
ı pavé inégal, la marche lente suffit pour pro-
ı analogue.

observe une voiture attelée d'un cheval qui
ıstate les mêmes tensions brusques des traits, ce
ɥue l'animal subit également des commotions in-

ce de ces chocs étant constatée, nous avons cher-
nortir en transformant cette traction intermittente
ction plus uniforme. La mécanique résout à chaque
s problèmes de ce genre, au moyen d'intermédiaires
placés entre la force motrice intermittente et les
s à vaincre. C'est ainsi que dans la pompe à incen-
ccade du coup de piston disparaît, transformée, par
voir à air, en une pression constante qui donne au jet
une vitesse uniforme. Sur les chemins de fer, les wa-
nt reliés entre eux au moyens de pièces élastiques qui
ent, en partie, la brutalité des secousses au moment
ise en marche.

ıaçai donc un ressort élastique entre la bricole et la voi-
t m'y attelant pour la traîner, je constatai la disparition
ıe complète des chocs qui se produisent dans la marche
ı pavé inégal, et dans la course, sur les terrains unis
mêmes.

ın content de mon appréciation, je soumis à cette épreuve

r
a
u
v
s
c
r
r
r
c
a
r
p
s
h
t
c
r
t
q

corps une certaine vitesse, l'énergie de
r les résistances actuelles ; s'il se produit
oit de ces résistances, ce changement met
ors de proportion avec le nouveau travail
et le place dans les conditions d'utilisa-
t nous venons de parler.
ırs précisément à l'élasticité pour utiliser,
cles, les forces motrices qui s'y engendrent
ıent par des espèces d'explosions dont la
з 3 à 4 centièmes de seconde.
icité entre nos efforts musculaires et les
ent mouvoir, c'est imiter le procédé de la
eilleure utilisation de l'action essentielle-
des muscles.

ıtilisation du travail extérieur des moteurs intermittents.

ions du même ordre que celles que nous
portent à croire que le travail extérieur
teurs intermittents se trouve dans de mau-
pour être entièrement utilisé. Ici la démons-
te plus rien à la physiologie ; elle est du
canique pure.
ıe notre corps animé de vitesse vient se heur-
diaire de la courroie rigide contre la résis-
re, une force vive empruntée à notre propre
communiquer à la masse à déplacer. Or, il
ıontrer, par une expérience très-simple, que la
ıil qui correspond à cette force vive ne sera
u déplacement du véhicule.
va nous montrer comment une force vive
ı choc, tandis qu'elle se transforme en travail
est supprimé.
ort solidement établi est adapté une sorte de
з dont l'un des bras porte une sphère du poids de
tandis qu'au bout de l'autre bras une petite
10 grammes est suspendue par un fil solide



d
h
é
n
c
s

Fi

ti
m
p
j'
fil

fil
cu

(ui devrait être déplacé, on s'aperçoit, au
s'arrête, qu'un choc sonore se produit, que
ranle et vibre, mais que la sphère ne s'élève

ı contraire, la sphère à l'extrémité d'un res-
d'un fil de caoutchouc et renouvelons l'expé-
ent où la balle, arrivée à la fin de sa course,
on du fil, on voit le fléau s'incliner brusque-
angle plus ou moins ouvert avec sa direction
léplacement s'effectue grâce à l'élasticité du
pend la sphère pesante ; celle-ci ne subit aucun
ans le premier instant, mais sous la traction du
ent d'être distendu, on la voit se soulever peu à
onc un travail effectué dans le cas où l'on ap-
intermédiaire d'un ressort élastique, une force
ectement appliquée tout à l'heure, se détruisait
.

érience nous amène à conclure que le ressort élas-
entre une voiture et le trait qui lui transmet la
oteur, doit produire une meilleure utilisation des
rmittentes appliquées à la déplacer.

momètre enregistreur, qui fournit en pareil cas la
ı travail dépensé, doit prouver l'exactitude de ces
s. Il doit montrer qu'avec un intermédiaire élastique
it une meilleure utilisation du travail moteur, soit
ıême dépense de force produise plus d'effet utile, soit
ıême effet utile s'obtienne avec une moindre dépense
.

avail utile sera le même dans deux expériences com-
es, lorsque la voiture aura parcouru le même espace,
e même temps, sur la même route. *Le travail moteur*
e même lorsque, sur les tracés du dynamomètre, les
comprises entre les courbes enregistrées et l'axe de leurs
ses seront égales.

i commencé par appliquer le dynamomètre enrégistreur
énéral Morin à une voiture que je faisais traîner tantôt
une courroie rigide, tantôt par l'intermédiaire d'un res-
élastique. D'autre part, un compteur des tours de roues
ait permettre de s'assurer que dans l'un et l'autre cas la



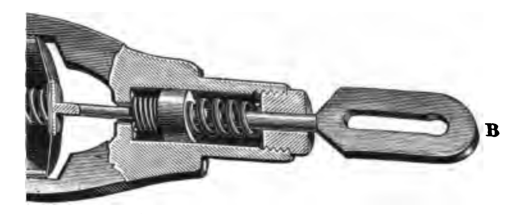
tra
l'in
pr
tu
et
co
dy
tic
pa
les
à l
pl
cé
tic
te
la
du
tr

pa
le
ré
s'
p
p
fo
te
su
m

d
s
n
p
c
d

b

ompression de l'air contenu dans cette
suivant que la force de traction augmente
onne naissance à une soufflerie qui
n tube de caoutchouc, jusqu'à un se
re sur un cylindre tournant. appa-



ou dynamomètre inscripteur transmettant à distance
ndications des efforts de traction.

n obtient ainsi, la courbe s'élève d'autant
rt de traction développé est plus éner-
instrument en le soumettant à des trac-
construit l'échelle qui sert à en évaluer les
e échelle, les hauteurs sont très-sensible-
es aux poids employés à produire la trac-
arie entre 1 et 36 kilogrammes.

a traction d'une voiture à bras. — Pour
ges de l'emploi d'un trait élastique au lieu
e, il faut faire deux expériences compa-
t à la fois le travail moteur dépensé et le
.

que le travail utile a été le même dans
oiture a parcouru, sur la même route, des
des vitesses égales. Si l'on démontre que
le dynamomètre traceur accuse moins de
dans l'autre, ou aura prouvé que l'un des
t préférable à l'autre.

: 4 sont les tracés fournis par deux ex-
tives. La vitesse était la même dans
en assure au moyen d'un appareil assez
un signal à chacun des tours de roue; le



no
la
m
tr
ab

[redacted]

da
26
al
tic

[redacted]

l'e
m

(
pr
pli
sa
poi
dé
dif

ouve un écart plus grand encore entre
ar les deux modes de traction. En
bre considérable d'expériences, j'ai
ıtage de la traction élastique au point
Les mêmes résultats furent obtenus
ées par des chevaux. Si l'on joint à cet
ısiste dans l'amortissement des chocs
ırroie rigide transmet aux épaules de
l qui traîne un fardeau, on verra que
ı moyen d'un intermédiaire élastique
ıageux.

t que l'on doit employer pour cela, il
peu coûteux, soit qu'on le construise
ins de forces calculées (1), soit qu'on
e caoutchouc. L'économie du travail et
fatigue qu'on obtient à l'aide de ce
ıemble constituer une importante appli-
e à l'amélioration du sort de l'homme

périences qui viennent d'être rappor-
mme on a pu le voir, l'enchaînement
recherches dont le point de départ était
.ogique. M'étais-je rencontré avec d'au-
? C'est ce que j'ai voulu rechercher.
ıincre que maintes fois, et à différentes
əssorts élastiques pour la traction a été
oit pour le halage des bateaux sur les
r remorquage dans les ports; ailleurs,
; sur les routes. Il est même d'usage,
ı, d'attacher les traits à un ressort pareil
la suspension des voitures. Mais, en

əemblé la plus avantageuse consiste en une série
es croissantes introduits dans un tube de cuivre
omme dans le dynamographe (fig. 2). Suivant l'ef-
əi des forces élastiques variables. Supposons, par
us faible agisse entre 5 et 10 kilogr. de traction;
, ce premier ressort sera entièrement revenu sur
,rera en action jusqu'à 15 kilogr.; de 15 à 20, ce
fonctionnera, et ainsi jusqu'au dernier.



re
po
tio
po
pa
l'u
gr

d'u
qu
pr

de

St

ma
ch
cyl
pa
fix
et
pa

tr
m

le
ra
les
tr

gr
tr
m
ell
né

jo
né
vo
le
to

sent aussi lentement, avec autant de calme
eufs, ils pourraient ainsi mettre en mouve-
laintes charges qu'ils cherchent à vaincre
e « Pferdeschoner » fournit pour cela un
tirage qui doit entraîner la charge, il exige
orce d'abord tout à fait minime, puis aug-
qui oblige le cheval à modérer peu à peu
rte que dans le tirage la charge exerce déjà
avec une faible vitesse, et il peut alors tirer
grande impétuosité ordinaire.
l'appareil sur le cheval est toutefois morale
e, au premier moment, celui-ci ressent un
conscience qu'il est capable de suffire à sa
yer ses forces les plus extrêmes avec calme,
l'absence de l'appareil, à vaincre les résis-
-coups.

force de traction est très-variable sur toutes
nsiste en élévations et abaissements, qui se
mme de petites montées et descentes, qui,
mouvement de la voiture dans un instant et
Ces variations rapides de la force de traction
t sur le cheval, dans le cas d'attelage non
ntinuelles qui, non-seulement s'ajoutent aux
ore fatiguent plus le cheval que quand il
ec une vitesse régulière.
eschoner rompt les secousses, cessent avec
accumulées; en outre, la force de traction
le qu'avec le mode d'attelage ordinaire.
schoner semblent être les suivants :
la voiture;
marche, et par là moindre fatigue du cheval;
indre.

'épreuve des machines est de montrer, par
xistence de ces avantages et autant que pos-
l'étendue de l'épargne, afin qu'on puisse, d'a-
es, juger si l'emploi du Pferdeschoner est à

é fait onze expériences, qui devaient mon-
ses qualités de sols sur l'appareil. Dans cha-
ord déterminé le tirage d'une voiture attelée
dynamomètre enregistreur; puis, entre le dy-
n a introduit un Pferdeschoner ; on a suivi au
e voie et on a mesuré de nouveau le tirage.
istreur indiquait le tirage et ses variations
voie, de telle sorte qu'on pouvait obtenir de
valeurs désirées et les comparer comme elles
eau suivant.

Résultats des expériences exécutées à la station d'épreuve des machines agricoles et outils de Halle en Saxe, sur l'appareil (Pferdeschoner) de Fehrmann et Schwanck, de Berlin.

oit remarquer encore que les expériences du 12
'aites avec une grande voiture ordinaire, dans la
èrie, mais les expériences du 23 et du 29 mai,
s ressorts, plus légère, à un seul cheval, en par-
'ée montante, en partie sur une place à exercice.
abord un appareil plus faible (bleu) et puis un

de chaque expérience sont toujours présentées
gée les valeurs pour la marche avec appareil, et
:s pour la marche sans appareil.
'ˢ 1 à 7 ont été faites au pas ; celles du n°8 au n° 11,

tableau les valeurs moyennes pour le trot et le pas,
ent être significatives à cause des nombreuses cir
l'influence sur les expériences, on a ainsi pour la
'eil :

	Traction pour le tirage en centièmes de la traction sans appareil.	Traction moyenne en centièmes de la traction moyenne sans appareil.	Variations en centièmes des variations sans appareil.
.	83	82	66
.	89	80	78

riences, les chevaux tirent par conséquent avec l'ap-
/0 plus facilement; leur traction moyenne est de 18 à
› et les à-coups s'amoindrissent de 22 à 33 0/0, de
aux sont de tous les côtés essentiellement épargnés;
arquer que toutes les expériences ont été faites en
ıvé, par conséquent qu'elles sont moins en faveur de
expériences en plaine.
l'appareil, il n'est, quant à présent, pas encore pos-
ı jugement. Les anneaux de caoutchouc doivent être
lurée est vraisemblablement de plus de deux ans,
ique garantit ses appareils pour ce temps.
es à fortes charges, les appareils coûtent 10 marcs la
quent, pour une paire de chevaux, 40 marcs.
ıner est encore dans sa période de développement;
par conséquent, qu'il donnera encore des résultats
. méritera de plus en plus son nom.
, il est à recommander sans restriction, parce qu'a-
aux peuvent non-seulement tirer et marcher plus faci-
ıcore aussi être garantis contre les secousses sur
əs et tirer, dans le cas de nécessité, des charges plus

.ÜHN, président, C. FREYTAG, BOLTE, A. GNEIST, WUST.

rüling's Landw. Zeitung. — Octobre 1874.



II.

MÉMOIRE SUR LA PULSATION DU CŒUR.

I. — De la pulsation du cœur.

ıe de la pulsation du cœur. — Fausses idées sur la nature de ce
— Tracés graphiques de la pulsation du cœur; multiplicité des
: renferment. — Importance de leur interprétation fidèle. — Car-
ıysiologique sur les grands animaux; analyse des tracés; chan-
olume et changements de consistance des ventricules. — Un
ulsation du cœur renseigne sur la manière dont cet organe

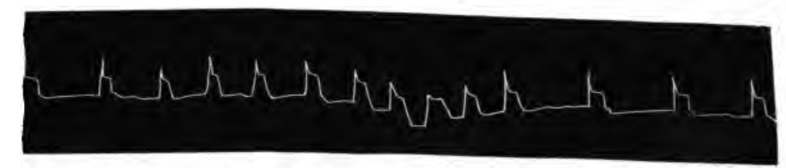
›s médecins n'ont étudié la pulsation du cœur
nière superficielle et n'ont pas tiré de ce signe
a fonction cardiaque tous les renseignements
nir. La raison du peu de parti qu'on a tiré de
hénomène est d'abord, et surtout, l'incertitude
ndant longtemps sur la cause qui lui donne
· le moment de la révolution cardiaque auquel
Beaucoup d'auteurs, il est vrai, professaient
œur se produit au moment de la systole ven-
quelques autres le plaçaient au moment de

s de cardiographie physiologique semblent
faire cesser un tel désaccord. Mais le mot
dont les auteurs se servent encore à peu



nis une *hypothèse* que l'expérimentation physiologique est in de justifier, ainsi qu'on le verra plus loin. En somme, le *le de point* de repère dans l'auscultation est le seul que la ılsation du cœur joue réellement aujourd'hui en clinique.

Toute autre est la valeur que doit prendre ce signe si l'on nploie pour l'étudier les appareils inscripteurs.



7. — *Pulsation du cœur du chien.* — On remarque les influences de la respiration sur le rhythme du cœur.

La variété des types que fournit le tracé de la pulsation du ur, la richesse des détails qu'il présente dans certains cas, ntrent que, dans la pulsation du cœur, on peut, on doit uver l'expression de bien des phénomènes qui se passent ıs les cavités de cet organe; peut-être même y lira-t-on t ce qui se passe dans le cœur: mouvement du liquide ıguin, action des muscles, jeu des valvules, etc.

Ɋu'on examine une série de tracés recueillis sur des su- ; différents, ou sur un même sujet dans des conditions iées. Quelle diversité! et que faut-il pour que cette diver- même nous apprenne en quoi variait la fonction du cœur qu'elle donnait des tracés si dissemblables? Connaître à ›i tient chacun des détails de la courbe ainsi recueillie, ;avoir comment chacun d'eux se modifie quand la fonction e dans un sens connu.

e tracé de la pulsation du cœur, plus accidenté que celui pouls artériel, sera aussi plus riche en enseignements ıd on saura le lire et l'interpréter avec certitude.

ette tâche a été grandement facilitée par les expériences ·s sur les animaux. Dans des recherches publiées en 1861, ; le professeur Chauveau, nous avons montré que les ven- .les viennent presser contre la paroi thoracique pendant période de systole, et que cette pression dure autant que ·stole elle-même.

22

pa
si
du
m
si
le
si
d
a
u

n

à

Les différentes pointes écrivantes de ces appareils étant :actement placées les unes au-dessus des autres, signalaient, ır des ondulations exactement superposées les unes aux ıtres, tous les changements de pression qui se faisaient un même instant dans les différentes cavités du cœur. ıfin, l'un des explorateurs de la pression se trouvait logé ns les parois thoraciques exactement en face des ventricules cœur, de sorte qu'il inscrivait les changements de volume

:iales et terminales ont été modifiées dans leur forme. Les ampoules initiales doivent explorer la pression dans l'oreillette et dans le ventricule, ont été ɔosées sur une sonde à double courant qui s'enfonce par la veine jugulaire, onduit l'une des ampoules dans l'oreillette, et l'autre dans le ventricule. La 9 représente, dans son ensemble et dans ses détails, la sonde exploratrice cavités droites.

'ampoule V, destinée au ventricule droit, communique par son tube TV un levier inscripteur. L'ampoule O, destinée à l'oreillette, communique le conduit extérieur avec le tube TO et un autre levier inscripteur. La le s'introduit, par la veine jugulaire du cheval, jusque dans les cavités du r droit. La longueur qui sépare les ampoules V et O est telle, que, lorsque ɜt dans le ventricule, O occupe l'oreillette. Il suffit donc, pour arriver à bonne position des ampoules, de les enfoncer par la veine jugulaire jusce qu'on éprouve une résistance absolue due au contact de l'ampoule V le fond du ventricule droit.

ıur explorer la pulsation du cœur, une ampoule pareille à celle des sondes placée en face du ventricule, dans un espace intercostal.

.aque *ampoule terminale*, dans le cardiographe, est constituée par une ıe métallique plate T (fig. 10), que ferme supérieurement une membrane ique. Dans la caisse s'ouvre un tube qui la relie à l'ampoule initiale. Un ıe repose sur la membrane et supporte une arête sur laquelle est posé le r. Chaque fois que l'air est foulé dans la caisse, la membrane se soulève ommunique son mouvement au levier *ll* dont l'extrémité *p*, disposée en plume,

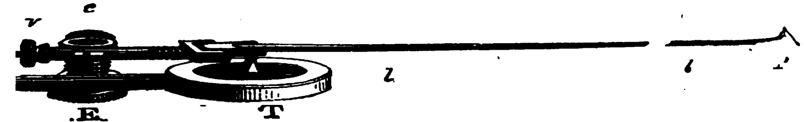


Fig. 10. — Tambour à levier enregistreur.

sur le papier. Toutes les pièces de ce petit appareil sont mobiles et ınt être déplacées à l'aide des écrous ou vis de rappel E, *e*, *v*, ce qui pere régler à volonté l'amplitude des mouvements du levier, ainsi que la on de la plume. Nous appellerons désormais *tambour à levier* l'appareil ient d'être décrit et dont l'emploi se représentera dans d'autres expéıces.

ın les trois leviers inscripteurs, placés les uns au-dessus des autres,

et
pl
da

fo
sa
du

tic
pc

la
pı

ca
q
u

cc
d'

n

'erticale A, on voit que, dans le ventricule, elle correspond à ın phénomène semblable et que, dans l'oreillette, elle corres- ond aussi à un accroissement de pression qui se fait d'une nanière brusque et assez énergique. Sur le tracé de l'oreil- ette O, ce soulèvement correspond au maximum de la pres- ion que le sang éprouve dans cette cavité ; c'est évidemment instant où s'effectue la systole auriculaire.

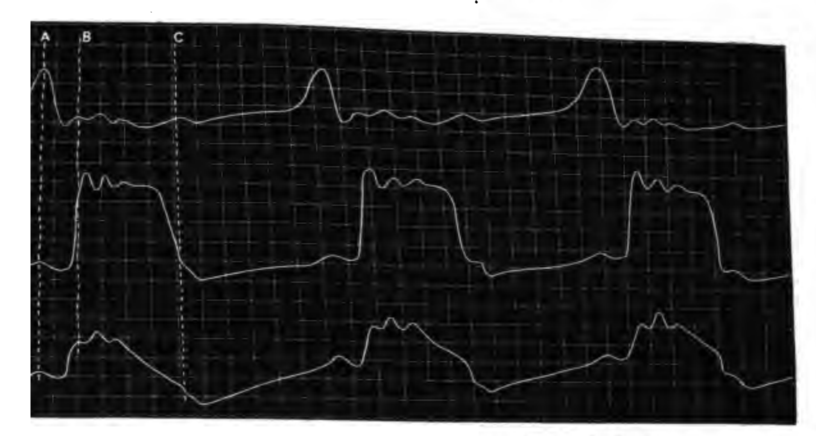


Fig. 12. — Tracé cardiographique recueilli sur le cheval. (Expériences de Chauveau et Marey, 1861.)

Le tracé de la pulsation montre ensuite le soulèvement B usque et énergique ; il correspond manifestement à ce que s auteurs appellent le *choc* du cœur ; il coïncide avec le dé- t d'un accroissement considérable de la pression dans le ntricule. C'est bien la systole de cette cavité qui commence. La courbe de la pulsation reste élevée, avec des ondulations gères, tant que dure cette haute pression dans le ventricule ; e retombe soudainement en C lorsque la systole ventricu- *re finit*. Quant aux ondulations qui se produisent, au som- et de la période systolique, dans le tracé de la pulsation, us les avons attribuées à des vibrations de la valvule auri- lo-ventriculaire, dont le déplacement amènerait dans la ession intra-ventriculaire des variations légères qui s'étei- ent au bout de deux ou trois oscillations.

Si
l'orei
vemer
bien
qu'en
pressio
s'appli
produit
Cette os
moïdes ;
cœur.

Jusqu
du *cœur*,
tricule, a
intervalle
cardiaque
plus impo
cœur *se vi*

Les *exp*
fournissent
prouve *la p*
ils mesuren
pour compri
ser par les *o*
sion ne nous
est sorti *plus*
plorateur de l
tions *favorabl*

En *effet*, *ce*
pleine d'air mi
l'*appareil* insc
quelle que soit l
lèvement de la
occupe entre *la*
thoraciques, l'an
peut *être* compr
changements de c
du cœur.

C'est ici qu'il devient nécessaire d'entrer dans des expli-
tions détaillées.

Les ventricules changent forcément de consistance sui-
nt l'état de relâchement ou de resserrement de leurs pa-
is. La pression augmentée ou diminuée qu'y subit le li-
ıide sanguin se traduit par des alternatives de dureté ou
mollesse. Qu'on imagine une vessie à demi remplie d'eau;
e sera flasque et dépressible. Qu'on la place, au contraire,
ns un nouet de linge bien serré, elle deviendra globuleuse
dure, résistant à toute pression qui tendrait à la déformer.
en plus, si avant de serrer le nouet on exerçait sur cette
ssie une pression avec le doigt, celui-ci s'enfoncerait aisé-
ent en déprimant les parois; mais au moment où le nouet
t serré, on peut voir le doigt repoussé et la fossette qu'il
rmait s'effacer avec brusquerie. De pareils changements se
oduisent dans la consistance des ventricules du cœur. Ces
ganes, en contact avec les parois thoraciques, se moulent
ntre elles pendant qu'ils sont relâchés. Ils présentent alors
leur surface une sorte de facette aplatie; mais quand, par
ır systole, ils durcissent et deviennent globuleux, ils pres-
nt énergiquement contre le point du thorax qui est en con-
ct avec leur surface. L'ampoule exploratrice interposée au
eur et à la paroi subit donc, de ce chef, des pressions al-
rnativement fortes et faibles.

Mais il est une autre influence qui se fait sentir également
r les parois thoraciques et sur l'explorateur de la pulsation:
est l'influence des changements de volume des ventricules
ıi, tour à tour, se vident ou se remplissent.

La systole des muscles ventriculaires, en admettant que les
ifices du cœur fussent fermés et que le sang n'en pût sortir, se
aduirait encore à l'extérieur par des changements de dureté
l'organe, comme elle se traduirait au dedans par des chan-
ments de la pression du sang; mais le volume des ventri-
les resterait invariable. Dans les conditions physiologiques,
contraire, le cœur, en même temps qu'il se durcit, se vide
une partie de son contenu et diminue de volume; inverse-
ent, tandis qu'il se ramollit par le relâchement de ses pa-
is, il grossit par l'abord du sang qui coule de l'oreillette,
ême avant la systole de cette cavité. A égale consistance, la

ma
voi
me
au
pa
I





Fig.
gra
plu
apr

ces
en
mèr
pen
ven
des
pen
des
A
suc

ɔules du cœur, mais elle en mesure, en quelque sorte, les *ets; elle renseigne* sur le fonctionnement plus ou moins rfait de la pompe cardiaque, en faisant voir si l'effort systo-*ue est* plus ou moins efficace et s'il envoie dans les artères s ondées plus ou moins volumineuses.

ꓲ'importance de la pulsation cardiaque est donc extrême, si *interprétations* qu'on vient de lire sont justes ; aussi ai-je t de nombreux essais pour obtenir sur l'homme un tracé *èle de la* pulsation du cœur. Le *sphygmographe* appliqué · la région précordiale donne des tracés parfois assez nets, , *13*, mais cet instrument est d'une application difficile ; ɛc des explorateurs spéciaux on obtient des tracés plus s. On a déjà pu juger, par les figures 5, 6 et 7, de la di-·sité *que présentent* les tracés suivant les variations physio-iques de la circulation.

II. — Choix et contrôle des appareils destinés à inscrire la pulsation du cœur.

areil de Buisson ; inconstance de ses indications. — Stéthoscope de Kœnig. : Explorateur à coquille. — Explorateur à tambour. — Appareils inscrip-urs portatifs : Polygraphe à cylindre ; polygraphe à bande de papier. — ambour à levier perfectionné ; diminution des résistances dans le transport ı mouvement. — Choix de la vitesse du papier qui reçoit le tracé. — Né-ssité de contrôler les appareils cardiographiques. — Désaccord avec les :périences de Fick. — Contrôle du cardiographe. — Nécessité d'expériences ɔuvelles pour éclairer l'interprétation des tracés du cœur. — Plan de ces :périences.

ɔour recueillir avec facilité la pulsation du cœur, il faut se procher des conditions de l'expérience faite sur les ani-ux et, au moyen d'un tube à air, transmettre à distance le uvement du cœur à l'appareil écrivant. Déjà Buisson avait ueilli de bons tracés avec un entonnoir de verre dont le : se continuait, par un tube de caoutchouc, avec un tam-ır à levier. La peau des parois thoraciques ferme exacte-nt le pavillon de cet entonnoir, et les déplacements qu'elle ıit à chaque pulsation du cœur compriment et raréfient





tou
mu

sid
qu
se
ex
pa
à f
né
tol
tie
tho
ge
cha
gr
pa
pro
da
l
mé
los
tou

tio
les
l'a
tho
me
sté
do
de
qu
rac
ass
Ma
se
]
pu

La figure 14 représente une coupe d'un de ces appareils
ıs ses dimensions réelles. Une sorte de coquille de bois, lé-
'ement excavée, présente des bords arrondis qui s'appliquent
ıctement sur les parois de la poitrine, de façon que la peau
la région précordiale enferme l'air dans cette capsule qui
nmunique, par un tube et un tuyau de caoutchouc, avec le



Fig. 14. — Explorateur à coquille pour les pulsations du cœur

bour d'un cardiographe. Au fond de la capsule se trouve un
ort que l'on peut armer plus ou moins, en tournant une vis
réglage qui fait saillie sur la surface convexe. Suivant
ension de ce ressort, on fait saillir plus ou moins une
e plaque d'ivoire destinée à exercer sur la région précor-
e une pression élastique. Cette plaque déprime la peau
lant *la diastole* ventriculaire, mais elle est repoussée pen-
la systole. De là résulte un mouvement de soufflet sous
uence duquel le levier du cardiographe entre en mouve-
t.

es tracés obtenus avec cet appareil sont identiques à
que fournissait le stéthoscope de Kœnig ; mais comme
eut, en tournant la vis extérieure, régler la sensibilité de
rument, le nouvel appareil est préférable, car il trouve
ıs d'individus réfractaires à l'étude graphique de la pulsa-
cardiaque. Enfin, cet appareil est d'une solidité par-
, ce qui est très-important.

omme la coquille ne fonctionne qu'à la condition que ses
s soient exactement adaptés contre la peau, afin de
uire une clôture hermétique, cet explorateur est difficile-

ment applic
chent l'ada
explorée av
empêche le
vaut encore
rellement c
le mieux r

Fig. 18. —
nant la v
augmente
sa moiti

A l'i
se trou
versar
une n
assez
Un di
cette
l'air
dans
Qu
les p
pose
cer a
gion
plac

quer indifféremment sur l'homme et sur les animaux ; il
donc, à ce point de vue, préférable à l'explorateur à co-
ille. Au reste, tous deux fournissent des tracés identiques.
Les appareils inscripteurs ont subi également des modifi-
ions importantes depuis l'époque où ils ont été employés
x expériences physiologiques sur les grands mammifères.
Le mouvement d'horlogerie qui entraîne le papier a été
du léger et portatif. C'est parfois un petit cylindre couvert
papier enfumé, contenu dans une boîte avec les tambours
vier qui inscriront un ou plusieurs tracés à la fois (1).
utres fois on emploie une bande de papier sans fin, comme
s l'appareil représenté fig. 16, quand on veut obtenir des
és de grande longueur.

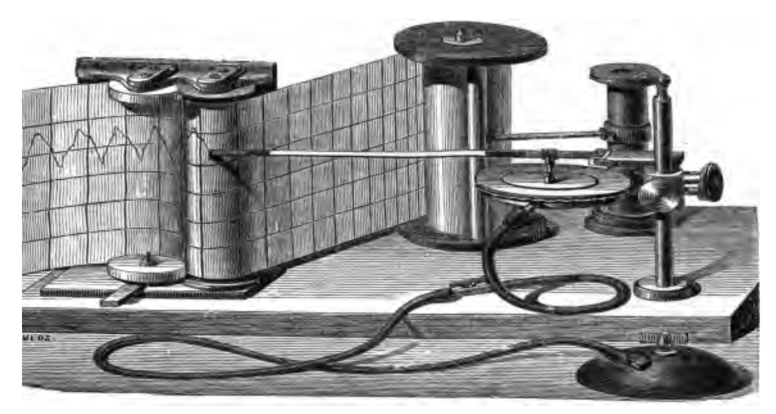


Fig. 16. — Polygraphe sorti de sa boîte et muni de l'explorateur à coquille pour la pulsation du cœur.

papier, enroulé sur une bobine, y est tenu légèrement
sé par une baguette d'ivoire qu'un ressort appuie avec
force constante. Un mouvement d'horlogerie, invisible
la figure, conduit uniformément la bande de papier de-
la plume qui termine le levier, et qu'on charge d'encre
aire.
ppareil est monté sur une planchette rectangulaire qui

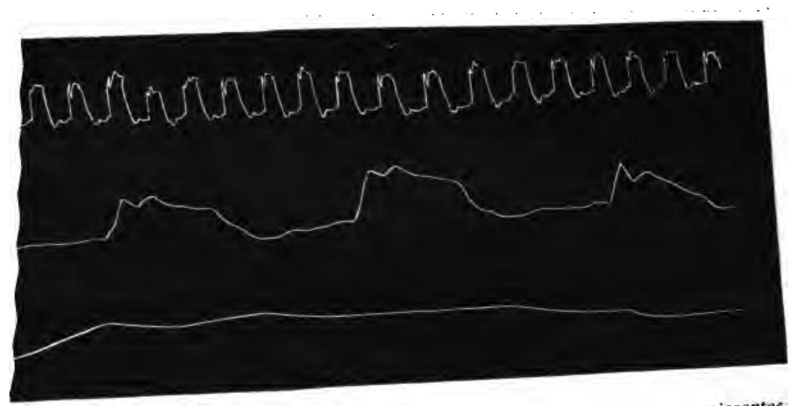
n inscrit alors avec une pointe sèche, sur le noir de fumée, puis on
tracé au vernis photographique.

entre exa
trument
usage.
Je nom
versité d
sur le m
leviers et
plusieurs
celle des
pansion
culaire,
particuli
dimensio
lui qui es
rer la pu
Le tam
sa dispo

Une
du tam
de l'ap
le levie
des tra
Mais
maine,
vement
style q
la par
du, de
commu
ment
affaibli

ıent de l'air que très-peu de résistance, en supprimant tout assage étroit sur le trajet des tubes. Il faut en outre que la ıembrane du tambour à levier inscripteur soit très-souple et on tendue. Enfin on doit atténuer, autant que possible, les ›sistances de frottement que la pointe traçante éprouve sur le apier. Toutes les fois qu'on doit inscrire une pulsation très-.ible, *le mieux* est de se servir du papier noirci à la fumée d'employer un style traceur d'une flexibilité extrême, tel ıe *ceux qu'on* obtient avec de la baleine ou de la plume nincies à la lime.

Ces détails techniques étaient nécessaires pour mettre les :*périmentateurs* qui voudront étudier la pulsation du cœur l'abri des échecs que leur causerait l'emploi d'appareils *suffisamment* sensibles. Dans les conditions qui viennent ›tre décrites, on a, presque toujours, un tracé très-net. Si, *rfois, il a peu* d'amplitude, il faudra l'inscrire sur un cylin-e qui tourne avec lenteur. Ces tracés microscopiques, exa-nés au besoin à la loupe, montrent nettement tous les dé-*ls de* la pulsation du cœur.



8.— *Pulsation du cœur* de l'homme recueillie successivement avec 3 vitesses croissantes rotation du cylindre. — Ligne 1, petite vitesse. — Ligne 2, vitesse modérée. — ıe 3, *grande* vitesse ; déploiement exagéré du tracé d'une pulsation. (*Héliogravure.*)

est fort utile, en général, de proportionner la vitesse de tion du cylindre à l'amplitude des mouvements du levier,

afin que, p
subisse pa
pulsation
de la jour
choix que
à donner
la phase
scrite da
J'ai do
des vites
cœur av
cas, et q
dante à
seconde



Fig. 19. —
modifie
donne l
nerfs va



Fig. 20.
on gal
mouve

Ma
sur d
plituc
dú c
veme
on ga

La figure 20 montre, sur un autre lapin, les effets de la ılvanisation du bout central du même nerf.

Cependant, s'il s'agissait d'estimer la fréquence des pulsa-ıns du cœur ou de mesurer la durée de leurs différentes ıases, il serait utile de choisir une vitesse plus grande, sauf obtenir des pulsations trop peu hautes par rapport à leur ıgueur. La figure 21 est la pulsation du cœur d'un lapin



21. — Pulsation du cœur du lapin. — Ce tracé serait identique à celui de la fig. 20, s'il n'était recueilli sur un axe plus rapide.

ıcrite avec une vitesse de 5 centimètres par seconde (sur deuxième axe de l'enregistreur muni d'un régulateur ucault).

Il ne serait pas possible d'analyser les formes très-riées de la pulsation du cœur que traduit le cardio-ıphe, soit à l'état physiologique, soit dans les maladies, s'il ıtait quelque doute dans l'esprit du lecteur sur la fidélité s indications fournies par l'instrument, ou si la réalité des ıories ci-dessus exposées, relativement à la signification s tracés, pouvait être mise en doute.

Au point de vue de la fidélité des tracés du cardiographe, vient récemment de se produire des objections qui peuvent ıuver crédit auprès des physiologistes, en raison de l'au-ıité de leur auteur, le professeur A. Fick (1).

) Ce savant, répétant les expériences de cardiographie physiologiques, ne ıt pas servi des appareils que j'avais employés avec le professeur Chauveau. ıur a substitué un manomètre à ressort (*Federkymographion*) sur le modèle celui de Bourdon ; appareil excellent pour les mesures de la pression d'un ıide, lorsque cette pression ne varie pas d'une manière très-rapide, mais ıpable, ainsi qu'on va le voir, de signaler fidèlement des variations de pres-ı très-brusques et très-considérables, telles qu'il s'en produit dans les ıités du cœur.

Voici le fait : Chauveau et moi, nous avons signalé, dans le ventricule gauche dans l'aorte du cheval, des valeurs très-voisines pour les maxima de pres-n. Fick trouve au contraire, avec son instrument, que : *si les battements cœur sont rapides*, les maxima de pression ne sont pas égaux dans le

co
les
pli
qu
tou
mo
tra
pr

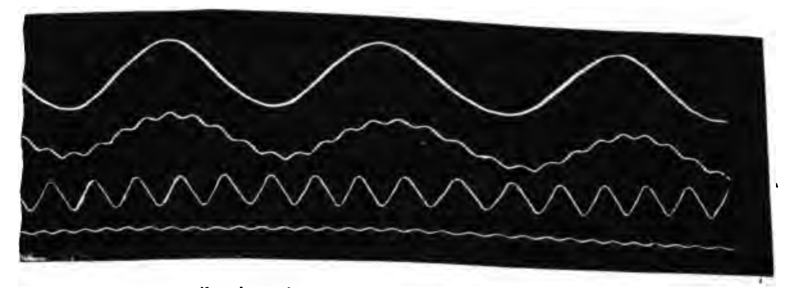
fer

ven
que
pres
vent
man
voir
T
par
tem
don
rapi
met
pres
la p
D
au-d
s'élè
au
plèt
P
tomb
men
Q
résu
Cell
de 1
vait,
n'att
néce
pres

a)
syste
(b)
pens

(1)

un tube à air, avec le tambour à levier inscripteur, on peut
›tenir le tracé de mouvements extrêmement rapides.



. 22. — Tracés des vibrations de divers diapasons transmises par l'air. — Ligne 1, dix
ibrations par seconde. — Ligne 2, 10 vibrations combinées à 80 par seconde. — Ligne 3,
) vibrations par seconde. — Ligne 4, 100 vibrations par seconde. (*Héliogravure.*)

Après avoir fait vibrer des diapasons de 10, de 50, de
0 vibrations doubles par secondes, on met l'une des bran-
es de ces instruments en rapport avec la membrane du
nbour explorateur. Aussitôt, le tambour inscripteur fournit
tracé des vibrations du diapason employé, quelle que soit
fréquence ou l'amptitude de ses mouvements.

Dans la figure 22, on voit un tracé de 10 vibrations par se-
nde, un autre de 50 ; un autre de 100 ; un autre enfin, dans
[uel se trouvaient combinées des vibrations de 10 et de 80 par
conde. Il est clair que cette rapidité de mouvement ne peut
'e acquise qu'à la condition d'employer un levier très-léger
nme inscripteur. En diminuant indéfiniment la masse du
'ier et les frottements du style sur le papier, on accroît
léfiniment aussi le nombre des vibrations qui peuvent être
scrites. Avec un levier très-léger et en écrivant sur une
ice enfumée, j'ai inscrit 250 vibrations doubles par seconde.
Quel est le manomètre qui obéirait à des mouvements aussi
›ides ?

Les détails que renferme la pulsation cardiaque ne corres-
ndent pas à des rapidités aussi grandes. Aucune des ondu-
ions qui se trouvent dans un tracé de cœur ne correspond
ın mouvement dont la durée soit moindre de 1/20 de se-
nde ; on peut donc avoir une parfaite confiance dans la fidé-
; des instruments que nous avons employés.

La théorie de la pulsation du cœur, telle qu'elle vient



4

d
s
fi
c

fa
m
d
b
fé
ri
oı
ra
sc
n
ce
fo
fo
dı
m
il
d'
pe
ét
le
pa
qu
re
ve
pı
gı

ca
re
trè
cu
an
ter
tol
il

Enfin, pour justifier les théories qu'il y aura lieu d'émettre
lativement à tous ces actes et aux inflexions de la courbe
ıi les traduisent dans les tracés, je recourrai à cet ordre de
euves que je considère comme la démonstration absolue.
veux parler de la *synthèse* de ces phénomènes; de la re-
oduction, par des appareils artificiels, de tous les détails de
circulation cardiaque, y compris la pulsation elle-même.
Ainsi, après avoir assigné à telle forme normale ou patho-
gique de la pulsation une cause déterminée, je devrai, en
troduisant cette cause dans la circulation de l'appareil
tice, obtenir une pulsation dont le tracé soit identique à
lui de la pulsation véritable. Tel est le plan qui sera suivi
ns ce travail.

III. — Du cœur considéré comme muscle.

semblances apparentes entre le cœur et les autres muscles. — Apparente
pontanéité des systoles. — La discontinuité d'action n'est pas un caractère
pécial au cœur. — Tous les muscles procèdent par actes discontinus. —
héorie générale de l'action des muscles; secousses et contraction. — La
ystole du cœur n'est qu'une secousse; preuves tirées de la myographie;
reuves empruntées aux phénomènes électriques qui accompagnent les mou-
ements du cœur. — Temps perdu du muscle cardiaque.

Au commencement de ce siècle, l'anatomie et la physiolo-
, s'inspirant des idées de Bichat, distinguaient deux sortes
muscles, d'après leurs structures et leurs fonctions : les
scles de la vie organique et ceux de la vie animale. A cette
que, le cœur avait peine à trouver sa place dans l'un ou
ıtre de ces groupes. Ces divisions factices se sont effacées
ı à peu, de sorte que le système musculaire se présente
ourd'hui sous un aspect nouveau. Il faut maintenant ad-
ttre une série de variétés de muscles où s'observent, au
nt de vue de la structure, tous les degrés de la striation de
ibre ; au point de vue de la fonction, tous les degrés de
sse et de lenteur du mouvement produit. Dans cette

se
tr

pa
m
l'e
pa
ne
co
er
ra
Q
pl

pa
el
co
se
la

pl
V
de
la
de
to
pr
tr
et
la
te
va

m
di
ur
co

les

ugmente ou dim... nue de durée sous certaines influences, telles
ue la fatigue o... le repos, le froid ou la chaleur. — Quand
muscle reçoit directement ou par l'intermédiaire de son
erf, des excitations successives assez rapprochées pour que
hacune des secousses n'ait pas le temps de s'accomplir avant
arrivée de la suivante, les secousses se fusionnent et donnent
aissance à un état de raccourcissement constant du muscle.
la fusion est imparfaite, le raccourcissement du muscle est
compagné de vibrations ; si la fusion est parfaite les vibra-
ons disparaissent comme dans la contraction volontaire, où
discontinuité ne se traduit plus que par le son que rend le
uscle contracté.

La fusion se produit d'autant plus facilement que les se-
usses sont de plus longue durée ou qu'elles se suivent à
s courts intervalles.

Si, maintenant, nous abordons l'étude de la systole du cœur
ec ces notions sur la fonction musculaire, la première
estion qui se pose est celle-ci : Quelle est la nature de la
stole du cœur? Est-ce une secousse ou une contraction?

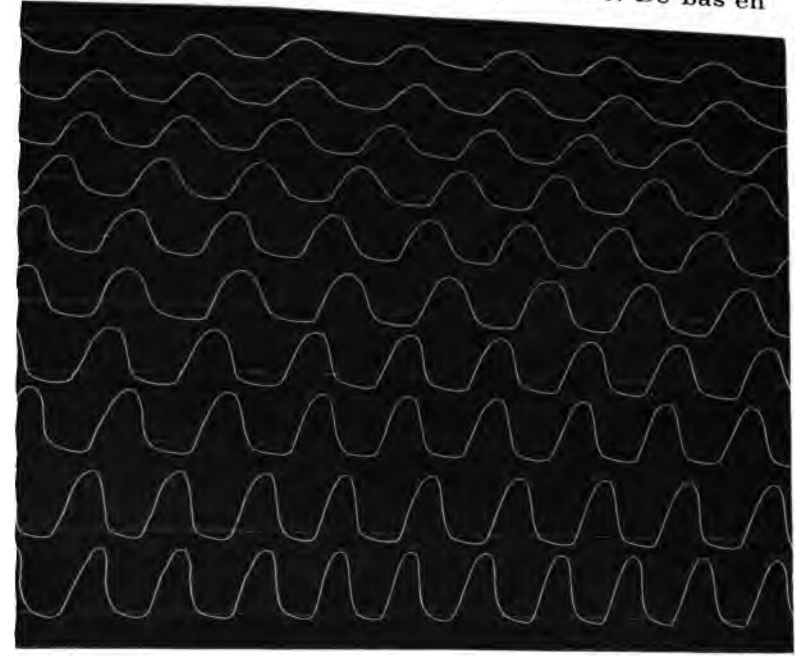
Tous les auteurs emploient le mot de *contraction* pour l'ap-
quer au mouvement de resserrement des oreillettes et des
ntricules. On a pu voir que je désignais ces actes par le
ux mot de *systole,* qui ne préjuge rien. Ce choix tient à ce
la systole du cœur ne me semble pas correspondre à la
traction des autres muscles, mais à leur secousse : à cet
é élémentaire qui se produit par une excitation simple.

Ainsi, le cœur donnerait une série de secousses succes-
es, se rapprochant plus ou moins de la fusion ou contrac-
, sans pouvoir l'atteindre. (Du reste, cette fusion parfaite
it mortelle, elle supprimerait tout mouvement du sang
s le cœur.) Les systoles plus ou moins énergiques corres-
draient aux vibrations plus ou moins intenses que pré-
ent les muscles incomplétement contractés. Cette énergie
it à son maximum quand les secousses systoliques se-
nt le plus éloignées les unes des autres, ou quand cha-
 se ferait avec plus de brusquerie.

es expériences suivantes ont pour but de vérifier cette
rie. Elles consisteront à explorer avec le *myographe* les



La plume qui termine le levier de ce myographe trace sur
cylindre *tournant* des courbes, dont l'ascension correspond
la systole et la descente à la diastole du cœur. Sur toutes
espèces animales, le cœur, vide de sang et soumis à l'étude
yographique, donne des courbes semblables, dont la figure
montre un spécimen obtenu sur la grenouille. De bas en



4. — Systoles du cœur détaché d'une grenouille, inscrites au myographe. — Le tracé it de bas en haut; on y voit les effets graduels de la fatigue. — Une ligne horizon sert de repère dans chaque tracé et montre que les maxima et les minima des courbes aissent graduellement sous l'influence de la fatigue, ce qui tient à ce que les systoles moins fortes et les diastoles plus complètes.

se lit une série de courbes correspondant à des degrés ssants de fatigue du muscle. Chez toutes les espèces anies, l'épuisement du cœur, bien qu'il varie sous le rap- de la rapidité avec laquelle il se produit, s'accompagne mêmes transformations du mouvement ; les systoles per- à la fois leur amplitude et leur fréquence.

s
c

r
s
e
ta
l'
le
a
D
d
cu
ag

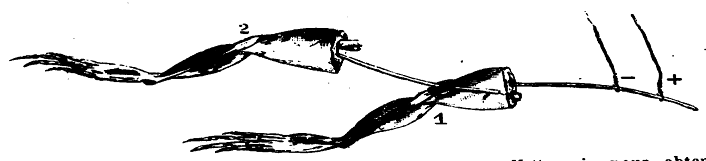
ti

vi
re

Ainsi, d'après la forme du mouvement qui la caractérise, l'après les effets que produisent sur elle la chaleur, le froid t la fatigue, la systole du cœur ressemble à une secousse nusculaire.

Toutefois, comme dans certains cas, une série de secousses isionnées peut donner naissance à un mouvement simple en pparence, mais complexe en réalité, il ne faut pas se contenter de la forme d'une systole cardiaque, pour conclure bsolument que ce mouvement n'est qu'une secousse.

Une autre démonstration nous sera fournie par les phénoiènes électriques qui accompagnent la systole du cœur et ii, identiques à ceux qui se produisent pendant la secousse un muscle, diffèrent de ceux qui accompagnent le tétanos.



. 26. — *Pattes de grenouilles* disposées à la manière de Matteucci, pour obtenir les mouvements induits. 1. Patte inductrice. 2. Patte induite.

Matteucci a découvert un phénomène très-remarquable auel il a donné le nom de *contraction induite* (1). Si l'on prend gure 26) une patte de grenouille préparée à la manière de ilvani et qu'on applique, sur le muscle de celle-ci, le nerf ne seconde patte préparée de la même manière, on voit 'en excitant le nerf de la première patte, on provoque des ouvements dans les deux à la fois.

En inscrivant, avec le myographe, les mouvements qui se oduisent dans chacune des pattes, j'ai constaté qu'ils sont jours de même nature, c'est-à-dire que la secousse induit secousse, tandis que le tétanos induit le tétanos.

En outre, il importe peu que la patte inductrice ait une ousse longue ou brève, modifiée ou non par la fatigue, la ileur, le froid ou les poisons. Pourvu que la première patte ne une secousse, la seconde donnera une secousse égaient.

(1) Du Bois-Reymond préfère, pour désigner ce phénomène, le mot de raction secondaire.

4

g

F

in
s
r
r

Fi

se
ex
or

ue n'induit que la secousse brève qui est propre au muscle e la grenouille.

Enfin, prenons un cœur de grenouille sur lequel nous laçons le nerf d'une patte galvanoscopique et inscrivons, à ι *fois, le tracé* de la systole et celui du muscle induit. Nous errons que la patte de grenouille donnera une secousse à ıaque systole du cœur.

Ainsi, d'après sa forme, d'après les influences qu'exercent ır elle la chaleur, le froid et la fatigue, d'après les phéno- *ènes électriques* qui l'accompagnent (1) et qui, dans une ıtte galvanoscopique, se traduisent par la production de *cousses induites*, la systole du cœur se présente comme la cousse du muscle cardiaque. Elle doit donc toujours avoir *tte forme* simple qui caractérise la secousse musculaire, et ns laquelle la phase de raccourcissement (systole) est plus ırte que celle de retour à la longueur primitive (diastole). Enfin, Helmholtz a signalé dans la secousse musculaire une rticularité qu'on retrouve encore dans la systole du muscle rdiaque; je veux parler du *temps perdu*. Le savant phy- logiste allemand nomme ainsi le temps qui s'écoule entre moment où un muscle a reçu une excitation électrique et ui où il réagit en donnant sa secousse.

Ce phénomène peut être observé sur le cœur dans les con- ons suivantes :

Quand le cœur d'un animal est épuisé et ne donne plus que systoles rares, si on l'excite par un courant induit, on

On pourrait objecter que ces variations électriques, étudiées au moyen alvanomètre, ne paraissent pas être semblables dans le cœur et dans les cles. Placé sur les coussinets d'un galvanomètre, le cœur dévie l'aiguille acune de ses systoles, ramenant, à chaque fois l'aiguille du côté du zéro ant sa phase systolique. Un muscle de grenouille, placé dans les mêmes itions, ne dévie pas le galvanomètre quand on provoque en lui une secousse e. Cela tient à ce que la secousse musculaire d'une patte de grenouille s variations électriques du muscle qui se produisent en même temps ont lurée trop courte pour vaincre l'inertie de l'aiguille aimantée. Mais si, froidissant le muscle, on accroît la durée de la secousse, on voit que ille oscille; cette oscillation est très-prononcée quand on se sert d'un le de tortue dont la secousse est lente. Donders a constaté que l'état ique du cœur passe par des phases d'intensité variées aux divers instants systole. En touchant le cœur à l'aide d'une patte galvanoscopique, on ıt des secousses très-fortes pendant la période diastolique, très-faibles nt la systole.


BOSTON M
JUN 7

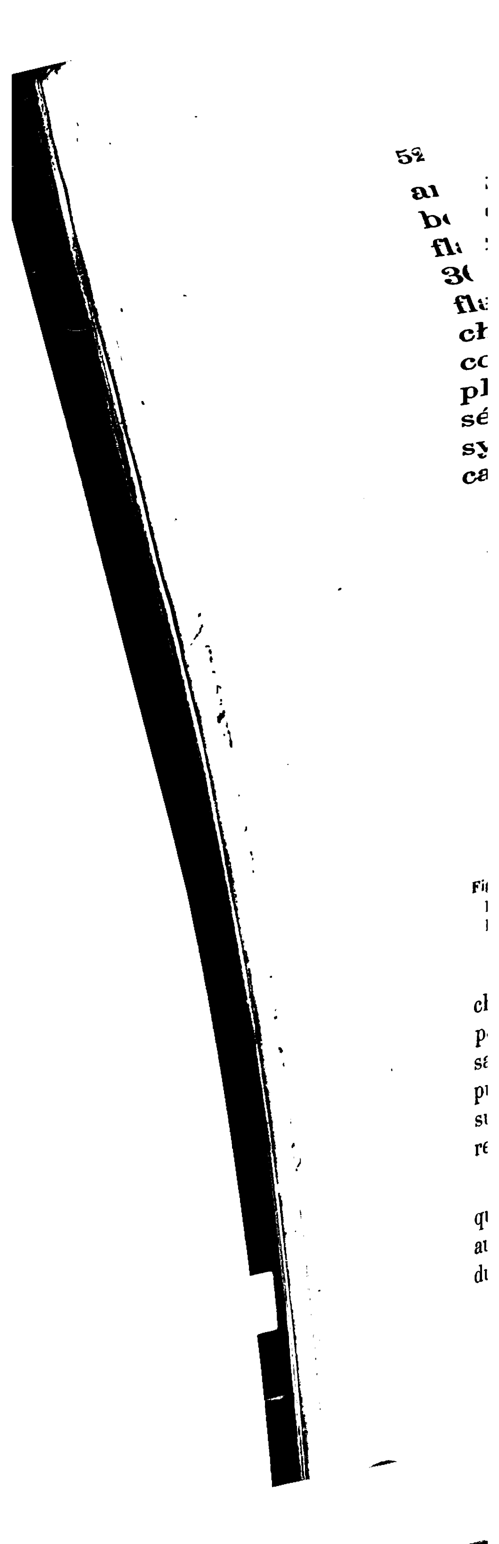
mais seulement des secousses incomplétement fusionnées. La fusion peut bien tendre à se produire, ce qui diminue plus ou moins l'amplitude des systoles, mais elle ne saurait être complète. Une contraction prolongée des ventricules entraînerait la mort de l'animal, puisque le cœur ne pourrait plus se remplir et se vider tour à tour. Le volume des ondées sanguines envoyées par le ventricule, à chacune de ses systoles, se trouve sous la dépendance de la fusion plus ou moins complète de chacun de ces actes.

Des systoles rares et bien complètes enverront des ondées volumineuses ; des systoles fréquentes ne donneront que des ondées beaucoup plus petites, de sorte que le *débit du cœur* ne doit pas se mesurer au nombre des systoles qu'il exécute en un temps donné, mais a pour mesure réelle le produit du nombre des systoles par le volume de sang que chacune d'elles envoie dans les artères.

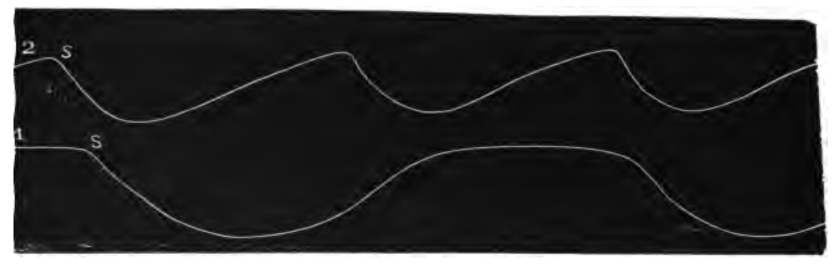
On peut démontrer ce fait au moyen de l'expérience suivante :

Prenons le cœur d'une tortue, lions tous les orifices artériels, sauf une branche de l'aorte, et tous les orifices veineux, sauf une veine cave ; adaptons aux deux vaisseaux restés perméables des canules que nous mettrons en communication avec des tubes remplis de sang défibriné, nous produirons une circulation continue à travers le cœur. Ludwig, qui a introduit en physiologie cette belle méthode dans laquelle on fait fonctionner des organes détachés d'un animal, en établissant dans ceux-ci une circulation artificielle, a rendu à la science un très-grand service. Le savant physiologiste et ses élèves, Bowdicht, Cyon, etc., ont essayé, par ce moyen, de mesurer le travail d'un ventricule de grenouille qu'ils faisaient agir sur un manomètre. J'ai modifié cette méthode, de façon à obtenir plusieurs indications différentes : 1° les changements de volume du cœur à chacune de ses systoles ; 2° les changements de pression du sang dans les vaisseaux où il pénètre (ce qui mesure sensiblement l'effort du cœur) ; 3° la quantité de sang versé en un temps donné.

La figure 30 montre la disposition que j'adopte pour cette expérience. Le cœur d'une tortue, préparé comme il a été dit tout à l'heure, reçoit un tube de verre à chacun de ses orifices



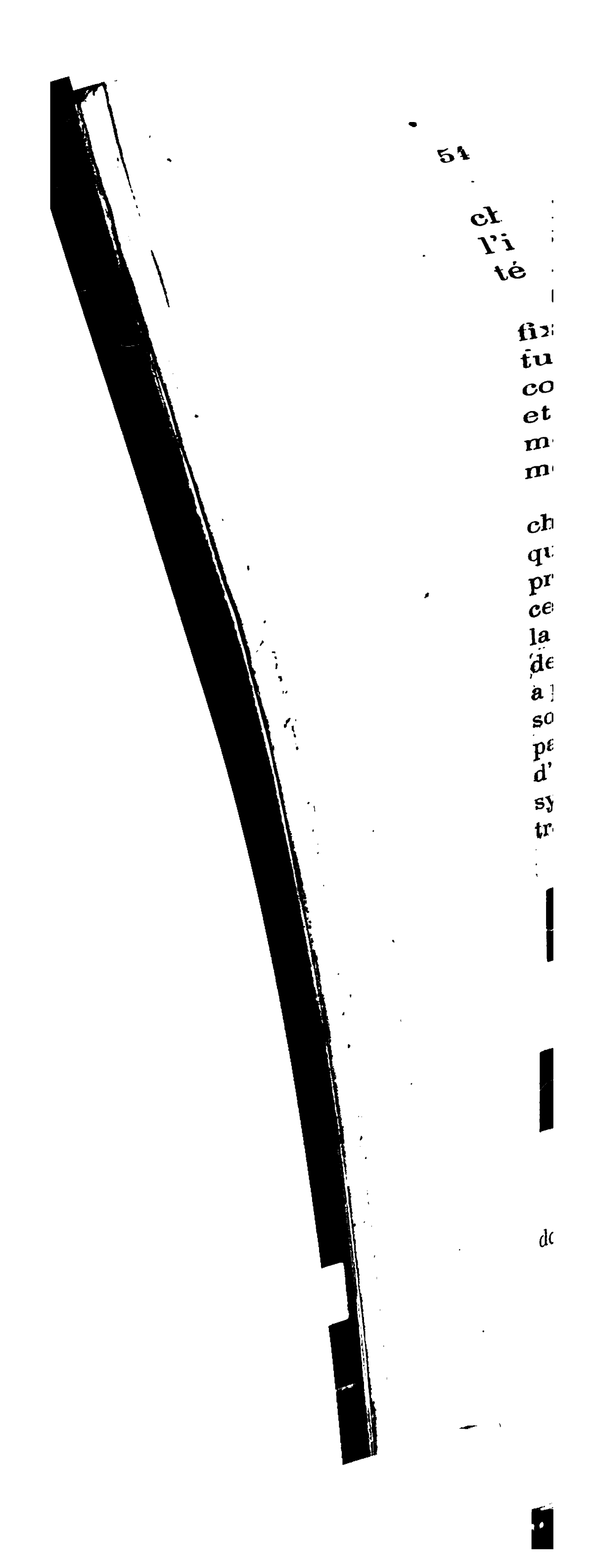
lume pendant sa systole exactement celui du sang qu'il envoie dans les artères.) Pour cela, perçons un trou dans le bouchon qui ferme par en bas le flacon où est placé le cœur de tortue, et plongeons dans ce flacon un tube ouvert qui se rend par son autre extrémité à un tambour à levier (celui qui, dans la figure 30, est situé en bas). Chaque fois que le cœur, en se vidant, diminuera de volume, l'air du flacon se raréfiera, et cette raréfaction, se propageant par le tube de transmission jusque dans le tambour inscripteur, produira une descente de la courbe tracée. Inversement, quand le cœur augmentera de volume, en se remplissant pendant sa diastole, l'air sera comprimé dans le flacon et dans le tambour inscripteur, ce qui amènera une élévation de la courbe. On obtiendra ainsi des tracés dans lesquels se traduiront les durées relatives de la systole et de la diastole ventriculaire; tracés dont l'amplitude plus ou moins grande signifiera que le cœur



. 31. Tracé des changements de volume d'un cœur de grenouille; variations de l'amptitude vec la fréquence. — Ligne 1. systoles rares et grandes ; S instant de leurs débuts. — gne 2. systoles plus fréquentes et plus petites.

pulse des ondées plus ou moins volumineuses à chacune ses systoles. Ce volume des ondées ventriculaires sera plus moins grand, suivant que le relâchement du ventricule a eu le temps de s'accomplir d'une manière plus ou moins faite. On comprend que, si la fréquence des systoles s'acit considérablement, le relâchement, et par suite la réplé des ventricules, n'ayant pas le temps de s'effectuer, le vole des ondées systoliques décroîtra beaucoup.

Ainsi se justifie ce que l'on a vu plus haut : du défaut de portionnalité du débit du cœur au nombre des systoles.



ch
l'i
té

fix
fu
co
et
m
m

ch
qu
pr
ce
la
de
a
so
pa
d'
sy
tr

dc

ır le cœur et de la résistance que cet organe a éprou-
r pousser ce liquide.



Fig. 34. — Après trois heures.



Fig. 35. — Après cinq heures.



Fig. 36. — Après sept heures.

mesure du débit ventriculaire, est très-facile à obtenir. fit de recevoir le sang qui s'échappe des artères, non lans le vase où le syphon veineux vient le reprendre, dans une éprouvette graduée qui s'emplirait peu à peu. ivisant le volume du liquide versé, par le nombre des les qui se sont inscrites pendant que l'éprouvette s'em- ait, on a le volume moyen de chaque ondée sanguine.

ı résistance que le cœur éprouve à se vider est plus dif- à mesurer d'une manière absolue. Il faudrait déterminer aque instant la valeur manométrique de la pression du ; dans les artères, pression contre laquelle le cœur doit ır. On conçoit toute la difficulté d'une pareille mesure, out chez les petits animaux. En revanche, il est très-facile





de
le
l'e
la
s'
sa
fé
ve
qu

lè
to
va
pa
ch
qu
ef
co

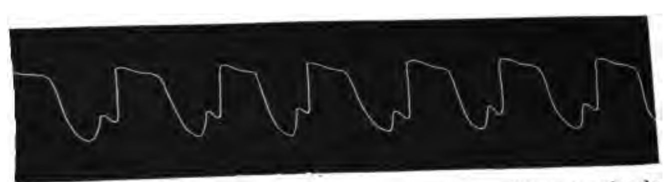
re
un
m
dé
or
ri
co
av
de

ve
sa
du

ıtion du cœur décomposée en ses différents éléments.

ɔntre le tracé myographique du cœur et celui de la pulsation. — ı pression maximum du ventricule. — Séparation des deux élé- a pulsation du cœur ; tracé des changements de volume ; tracé ments de consistance. — L'addition de ces deux courbes reproduit pulsation. — Il faut une autre méthode pour étudier la nature détails de la pulsation. — Utilité des appareils artificiels.

ɔns l'expérience décrite figure 23 sous le nom de e du cœur, en nous plaçant dans des conditions Au lieu de détacher le cœur de l'animal, laissons- s rapports normaux, et, découvrant seulement cet ; une ouverture faite aux parois thoraciques, pla- ıs le levier du myographe (1). Le tracé que nous ob- ıura des caractères tout différents. Il est représenté ure 37. Au lieu de la courbe simple et facilement ıble de la secousse du muscle cardiaque, on observe nents plus compliqués dépendant de l'arrivée et du sang, combinées aux effets que produit l'action elle-même.



de la pulsation du cœur d'une grenouille dans les conditions normales de ation. O systole de l'oreillette. V début de la systole du ventricule.

loubler ces deux influences, chargeons le levier ɼue d'une petite masse de cire pesant à peine un e léger poids suffit pour vaincre la pression du

: réussir il faut étendre la grenouille sur une plaque de liége en avec des épingles. Cette plaque est elle-même fixée avec de la sur celle du myographe. L'immobilité de l'animal est ainsi ıt alors faire une expérience de longue haleine, telle que l'étude poisons sur le cœur, ou toute autre dans laquelle il se produit ions des mouvements de cet organe.



5

s
s
le
is

l'
v
C
o
fa
il

p
sy
n
ra
le
m
m
u
u
co
d

d
u
cu
pl
sa
co
qu
fl
tr
pr

l'
pa

re part, le changement de volume de cet organe pendant stole. La séparation de ces deux influences serait très-ile à effectuer sur le cœur d'une grenouille; celui de la e se prête fort bien à cette analyse.
pppareil déjà représenté (figure 30) va nous servir encore. àuparavant, recueillons le tracé complet de la pulsation ıque ; il fournira la figure 38 :



– Tracé de la pulsation de la tortue. *a b* durée de la première systole ventriculaire. *b a'* diastole. *a' b'* seconde systole ventriculaire.
btenir ce tracé, on a saisi le cœur de tortue entre un plan résistant et le levier *du myographe*).

s *cette figure*, la systole ventriculaire commence en *a*. se systolique présente une apparence qui rappelle celle pulsation du cœur de la grenouille. Sur ce tracé, on ve aucun effet de la systole de l'oreillette; cette cavité erte, comme cela arrive souvent quand l'expérience epuis longtemps. La période diastolique du ventricule ıce en *b*.



Courbe des changements de volume du cœur de tortue placé dans l'appareil dé-30. — *a b* période de systole ventriculaire ; diminution du volume du cœur. de du diastole ; accroissement du volume par replétion.

e savoir ce qui, dans cette courbe, tient aux *changede volume* du cœur, plaçons cet organe dans le flainé à inscrire, par le déplacement de l'air, la quanang qui sort du cœur et celle qui y rentre (voyez *e*, p. 52), on obtient la figure 39 déjà connue, dans

6

la
fl

c
y
d
n
tı
tı
fa
p
e
ol
se

Fig
c
c

ba
ve

m

da
ar
et
mé
le
sa
pa
ac
I
cel
cha

ux influences, et nous devrons restituer la pulsation
ète.
ı de plus simple que d'ajouter ensemble les deux
s ci-dessus. Sur la courbe des changements de volume,
s une série d'ordonnées égales à celles de la courbe
angements de pression. Comme cette dernière ne s'é-
ue pendant la phase systolique et reste invariable pen-
ı diastole du cœur, les systoles *a*. *b*. et *a'* *b'* seront
modifiées. La courbe totale, celle qui résulte de l'ad-
les deux autres, suivra, pendant les périodes systoli-
e tracé représenté par une ligne ponctuée, tandis que,
t la diastole, elle ne sera modifiée en rien. Or, la nou-
ourbe, figure 41, n'est autre que celle que nous avons
fig. 38, en inscrivant directement la pulsation cardia-
est donc prouvé que cette pulsation résulte bien
ent de la double influence des changements de consis-
; *des changem*ents de volume des ventricules.



Reproduction de la pulsation du cœur de la tortue par l'addition des courbes de *nts de volume* avec celles de changements de pression. — La ligne ponctuée est n ajoutant à la partie *a b* de la fig. 39, la portion *a b* de la fig. 40.

tient, en inscrivant la pulsation du cœur des grands
ères, une nouvelle démonstration de cette double in-
our la production des tracés cardiographiques.
xpériences faites sur ces animaux sont plus impor-
ıe celles qui viennent d'être mentionnées, car elles
ndent à des tracés identiques à ceux que fournit le
'homme. Mais, pour être bien comprises, elles avaient
être éclairées par l'étude préalable de phénomènes
oles, tels que ceux qu'on observe dans la circulation
aux inférieurs.
cteur se reporte à la figure 12, et s'il examine les
la pression intra-ventriculaire V et de la pulsation

- **Nouveau schéma de la fonction du cœur.**

de schéma de la circulation ; ils ne donnaient que des résultats
loyen de reproduire avec ses phases véritables le mouvement
s ventricules ; construction de la came qui engendre ce mou-
oyen de graduer la force systolique de l'appareil : intermédiaires
forces variables. — Imitation de la systole de l'oreillette. —
générale de l'appareil.

: Weber qui, le premier, imagina de reproduire,
ystème de conduits élastiques, les phénomènes de
on, me semble une de celles qui seront les plus
n applications à la physiologie. J'ai décrit ailleurs (1)
ion de ce schéma primitif qui, malgré sa construc-
ière, rendait bien compte de certains phénomènes
lation du sang. L'invention moderne des tubes de
c et des membranes élastiques faites de cette même
, a fourni le moyen de réaliser des appareils
parfaits. J'ai, moi-même, à plusieurs reprises,
des schémas destinés à imiter certains détails de la
n du sang ; mais, suivant le but que je me proposais,
gnais l'imitation à certains phénomènes, sacrifiant
ent l'imitation des autres.

dans un premier appareil (2), pour reproduire les
ı cœur, j'imitais, à la façon de Rouanet, les valvules
claquements ; mais le ventricule de mon appareil,
ıns un flacon de verre où de l'air était comprimé et
tour à tour, était inacessible au toucher ; on ne pouvait
ercevoir sur ce schéma la pulsation cardiaque.

; un second appareil (3), je tentai de reproduire cette
on dans ce qu'elle a de plus saillant : à savoir le dur-
ent du ventricule au moment de la systole, et la coïn-
e de la pulsation avec cette phase d'activité des ven-
s.

s la forme de la pulsation était encore très-défectueuse ;
ut s'en convaincre d'après la figure 42. Cela tenait à

hysiol. méd., p. 31.
oc. cit., p. 164.
Journal de l'anat. et de la physiol., t. II, 1865, p. 417.



e
c
a
c
r
t
c
c
n
n
ti
c

Fi
s

m
lir
ex
ma
gu
co

do
le
sou
tio
ria

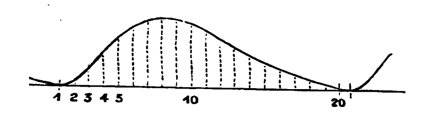
(1
acq
repr
Sc
dias
nom
élève
cune

ɔur le bâti général de l'appareil schématique (fig. 45), est bli solidement l'axe de cette came commandé par une nivelle. Un volant placé sur cet axe assure l'uniformité de rotation et la parfaite ressemblance du mouvement produit ›c celui qu'il s'agissait d'imiter.

Aais cela n'est pas encore suffisant pour reproduire, avec ; ses caractères, l'effort systolique développé par le muscle triculaire.

ʼidentité de deux actes musculaires suppose que les ngements de longueur s'effectuent à chaque instant, non-ement avec des *étendues égales* mais avec des *forces égales*. on sait que la force d'un muscle est limitée, et que si le ιvement qu'il produit, dans une secousse, par exemple, sente une certaine forme lorsqu'il n'y a que peu de résis-›e à vaincre, la forme ne sera plus la même si la résis-

ɔpéré à une série de 20 instants successifs, pour produire un mouvement lable, par sa forme, à celuí que produit la fibre du ventricule en se rac-issant.



ı. — **Courbe de la systole ventricu- avec les 20 ordonnées qui serviront construction de la came.**

Fig. 44. — **Came destinée à reproduire les phases de la systole du ventricule.**

e suite de raccourcissements devant être commandés par la came, celle-ra avoir, à chaque 20e successif de sa révolution, des excentricités ou proportionnelles à la série des ordonnées de la courbe.

› remplir cette condition, on prend une planchette au milieu de laquelle crit un cercle, du centre duquel partent 20 rayons équidistants (fig. 44). le ces rayons sera prolongé d'une quantité égale à la longueur de la re ordonnée de la courbe, le suivant le sera d'une quantité égale a la me ordonnée et ainsi de suite jusqu'au 20e rayon dont le prolongement ȝal à la 20e ordonnée de la courbe musculaire du cœur. En réunissant lles les extrémités de toutes ces lignes, on obtiendra une courbe fermée ɔ-même. C'est suivant cette courbe qu'on devra faire passer le trait de ıi découpera la came. L'axe de celle-ci traversera le centre du cercle vement tracé ; quant au sens de la rotation qu'on devra imprimer à la il est commandé par l'ordre suivant lequel on aura construit la courbe:



qui, dans les cas d'effort insurmontable, se tend lui-même et ne produit aucun travail extérieur, tandis que si la résistance est surmontable, il se raccourcit d'autant plus que l'obstacle est moindre et subit d'autant moins d'allongement de son propre tissu.

Explication de la figure 45.

Sur une planche verticale placée à gauche de la figure, sont disposés e cœur et les vaisseaux artificiels. — O, oreillette formée par une ›oche de caoutchouc que remplit sans cesse le liquide qui descend par es conduits veineux suivant la direction de la flèche. — V, ventricule éuni à l'oreillette par un large orifice muni d'une valvule; le venricule s'ouvre par un orifice muni de sigmoïdes artificielles dans un ystème de tubes élastiques dont la disposition rappelle grossièrement elle de l'aorte et des principaux troncs artériels. (Ces tubes, dont on 'a représenté que l'origine, se prolongent et se ramifient comme de éritables artères.)

La contractilité de l'oreillette et celle du ventricule sont imitées de ı manière suivante : L'oreillette est logée dans un filet sur les mailles uquel tirent quatre cordons qui traversent la planche de l'appareil, ıeminent parallèlement entre eux jusqu'à un petit rectangle au delà ıquel ils se réunissent en un seul cordon qui s'attache à un ressortɔudin. Dans cette position, l'oreillette est seulement contenue dans filet sans être comprimée. Une corde détendue SO produit la systole › l'oreillette au moment où elle se tend par le déplacement d'un levier ›rtical auquel elle est attachée. — Le ventricule est muni d'un plason (de couleur blanche dans la figure), aux bords duquel sont fixés ›s cordons de tirage; ceux-ci contournent la face postérieure du venicule, s'entre-croisent avec les cordons qui viennent du bord opposé ı plastron et se réfléchissant sur un rouleau R qui forme le bord ıne fente verticale, s'échappent derrière la planche et vont s'attacher, mme les cordons de l'oreillette, aux bords d'un rectangle de bois. Il a donc deux fentes, dont l'une n'est pas visible dans la figure, et ux séries de cordons dont la traction simultanée produit un resserment de la poche ventriculaire.

Le rectangle auquel s'attachent tous les cordons de tirage du ventrile est tiré en arrière par une corde SV qui produit la systole venculaire à un moment donné. Cette corde, interrompue sur son tra, est munie de deux crochets que relient l'un à l'autre des anneaux de ›utchouc F. Grâce à cette disposition, la force avec laquelle se t la traction sur les cordons est limitée par la force élastique du ›utchouc. En changeant le nombre des anneaux, on change la force traction des cordons de tirage.

ˌes leviers verticaux, situés à droite de la figure, ont pour fonction gir sur les cordons SO et SV de l'oreillette et du ventricule. Munis



› vérifié la parfaite exactitude. Or, si la force plus grande d'un muscle n'est que l'expression de son variable, rien n'est plus facile que de mettre la corde n dans les conditions d'un muscle fort ou faible ; il placer un plus ou moins grand nombre d'anneaux de uc sur les deux crochets en F : la force du mouvement › par la came croîtra en raison du nombre de ces an- On pourra ainsi produire des systoles passant toutes nêmes phases d'intensité relatives, mais déployant ›ts plus ou moins considérables.

; à la systole de l'oreillette, elle est obtenue, dans le par une autre came CO dont la forme, en ellipse allon- rès-excentrique, permet d'obtenir un mouvement de ·ès-courte, comme celui qui appartient à la systole de tte O (figure 25). Pour cela, on relie avec l'oreillette le qui transmet l'action de cette came, au moyen d'une 3O qui ne se tend qu'un instant très-court : au moment centricité maximum. Il faut ensuite placer la systole de ette au moment où elle doit avoir lieu dans la révolu- 'un cœur véritable. Cela s'obtient en faisant tourner la le l'oreillette autour de l'axe qui lui est commun avec du ventricule, jusqu'à ce que la systole auriculaire se ise au moment voulu.

st à peu près inutile de reproduire la description des s détails de l'appareil : c'est l'imitation d'un cœur simple ntant une seule oreillette et un ventricule unique. Les s sont imitées par un tube afférent qui verse dans l'oreil- le liquide puisé dans un réservoir plus ou moins élevé, a près comme cela se voit dans la figure 30 ; l'orifice auri- -ventriculaire est muni d'une valvule, et l'orifice aortique orte une à triples clapets, construite sur le modèle des noïdes de l'aorte ; ces détails se voient plus clairement s la figure 46. L'aorte elle-même se recourbe en crosse met des branches multiples qui, après des trajets variés, pelant fort grossièrement ceux des artères humaines, nent, par des ajutages étroits, se verser dans le réservoir neux. (Pour simplifier la figure 45, on a représenté l'aorte ses branches coupées après un court trajet.)

pl
et
la
as
nc
pa
n'

Di

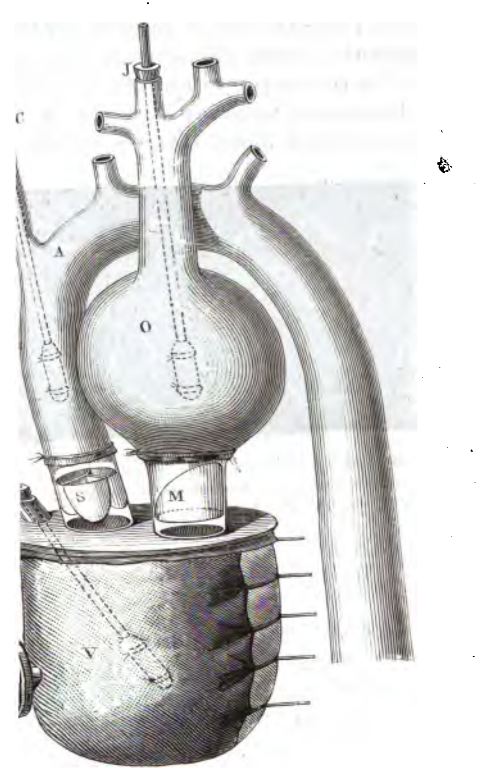
ri
ti
fo
nc
gr
qu
m

di
l'e

V.
efl

cu
Er
du

recueillis à la fois donnent la figure 47.
ement qui se voit sur ces tracés (à gauche
e systole de l'oreillette. La ligne verticale
ers les autres courbes, permet de suivre
systole dans le tracé du ventricule V et



éma pour reproduire les tracés de la cardiographie physiologique.

sation cardiaque. Dans les courbes V et
de la petite ondulation auriculaire avec
ette, c'est-à-dire avec le maximum d'élé-
O, est manifeste.



7

d
b
d
tr
D
d
p
e
la
p

A
p

Fi

du
se
vi

O
sy
le
ce
ta
pr
se
ar

di
lo

›serve également sur les animaux est peut-être un peu
s prononcé sur le schéma, à cause de la lenteur un peu trop
nde du resserrement ventriculaire. Le pouls aortique
sente la trace de la vibration des valvules sigmoïdes 4 ainsi
on l'observe chez les animaux et sur l'homme.

)ans le tracé de l'oreillette, on constate, après la systole de
e cavité une élévation de pression qui dure pendant toute
ystole des ventricules et qui tient à ce que la valvule mitrale
née ne laisse pas sortir le sang de l'oreillette.

)n n'observe pas, comme dans les tracés obtenus sur les
naux, ces ondulations que nous avons attribuées aux vi-
tions des valvules auriculo-ventriculaires ; c'est qu'en effet
isposition des valvules du schéma ne se prête pas à ce
re de vibrations (1). Du reste ces vibrations ne s'observent,
lans le tracé de la pression ventriculaire, ni dans celui de
ulsation. Cette absence de vibrations valvulaires est la seule
érence qui existe entre les tracés artificiels et les tracés
ırels.

!uand la systole du ventricule est finie, la courbe de pres-
ı du sang est à son minimum dans cette cavité. Il existe
's une déplétion 4 que je nommerai le *vide post-systolique*
nd je la désignerai plus tard. Ce vide est bientôt comblé
l'arrivée du sang qui vient de l'oreillette. Un flot de sang
be dans le ventricule et signale son arrivée par un soulève-
ıt brusque du tracé 5. C'est ce que nous désignerons sous
om de *flot de l'oreillette ;* au moment où ce phénomène se
duit, on peut voir qu'il se fait un abaissement soudain de la
ssion dans l'intérieur de l'oreillette dont le sang s'échappe
ndamment dans le ventricule.

.e tracé de la pulsation cardiaque offre, comme celui de la
ssion ventriculaire, le vide post-systolique et le flot de l'oreil-
e, ce qui est tout naturel, puisque les changements de pres-
du sang s'accusent, dans la pulsation, par les change-
ıts qu'ils produisent dans la consistance des ventricules.
nfin, dans les trois tracés supérieurs, le reste de la diastole
raduit par une ascension lente de la courbe, ce qui exprime

Les valvules du schéma sont faites de petits sacs de taffetas imitant une
le de veine ; elles sont très-peu extensibles et ne forment pas de voussure
ıté de l'oreillette.

7

la
s
u
d

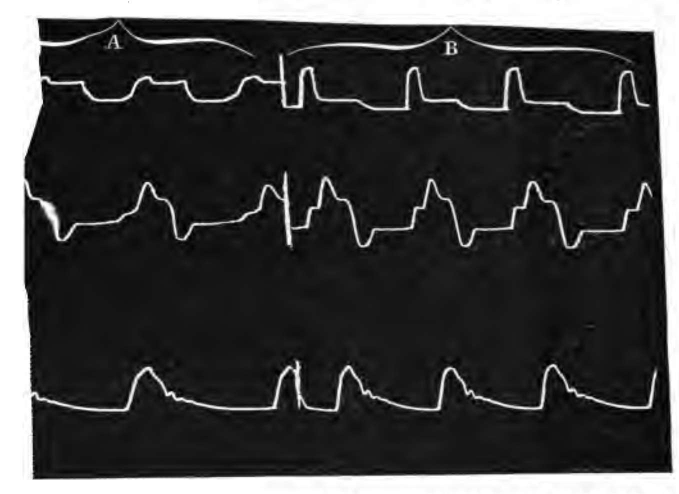
c
ti
d
p
A
la
m

j'
q
m
d
tr
co
d
p
q
fo
s
l'
d
et
r

e
tr

l'
s
la
d

reillette; on devra voir disparaitre toutes les ondulations
produit dans les autres tracés. Or, quand on coupe
le SO (fig. 45) par laquelle se transmet à l'oreillette
périodique de la came qui la commande, toutes les
tions disparaissent et l'on n'a plus que des tracés dé-
s de systoles auriculaires. Il n'existe plus alors dans
tte que l'accroissement passif de la pression qui se pro-
dant la systole ventriculaire sous l'influence de la ré-
lu sang qui vient du système veineux (1).



l'action de l'oreillette dont la force systolique a été accrue dans la
en B.— O, tracé de l'oreillette; la phase systolique est plus haute dans
gure. — P, pulsations du cœur; on voit que les effets de la systole de
marqués dans la moitié B. — C, pouls carotidien, indifférent aux in-
te (Héliogravure).

, on peut donner plus d'énergie à la systole de
accourcissant la corde qui lui transmet l'action

(1) P dépourvus de la systole auriculaire ne constituent pas,
solite chez l'homme et chez les animaux supérieurs. Souvent,
le auriculaire manque dans le ventricule; cela tient à la
tte systole. Chez les animaux inférieurs, on la voit souvent
grande facilité. Ainsi, dans le tracé de la tortue repré-
ets de la systole de l'oreillette dans la pulsation ont

d
d
m

Fig.

rei

5). Non-seulement on amplifie l'effet de la systole de l'o-
te dans le tracé O pris dans cette cavité, mais on ac-
'effet de la systole auriculaire dans le tracé P de la pul-
cardiaque. Quant au tracé aortique A ; on devait s'at-
à ne voir aucune modification dans sa forme.
n du ventricule. — On peut employer la même méthode
assurer que c'était bien l'action du ventricule qui se
ait, figure 45, dans les tracés V et P, sous forme de
dont le début est marqué par la ligne verticale n° 2.
pant la communication de la came avec le ventricule,
ime tout effet de la systole et l'action de l'oreillette
seule. En accroissant ou en diminuant la force de la
entriculaire, on accroît l'amplitude de ses effets dans
es V et P, ainsi que celle du pouls carotidien et

i que pour changer la force du ventricule, il suffit
er le nombre des anneaux de caoutchouc dont la
que imite, dans le schéma, la force du ventricule. On
si des systoles fortes ou faibles.
influences, le pouls augmente ou diminue d'ampli-
qu'on pouvait le prévoir.
igure 49, la moitié A est obtenue avec une force
es systoles ventriculaires ; la moitié B, avec une
rande. Or, dans cette seconde moitié, la hauteur
ui expriment la pression intra-ventriculaire est
able que dans la première. D'autre part l'accrois-
hauteur du pouls carotidien, aussi bien que du
prouvent également cette augmentation de l'éner-
du ventricule.

t systolique. — En analysant la figure 47, nous
à la diminution de volume du ventricule la
nte que présente la courbe systolique dans le
sation P. Si cette interprétation est vraie, on
pente s'accentuer plus ou moins, suivant que le
le d'une manière plus ou moins parfaite. Or, en
force systolique, on doit en faire varier les ef-
ement du sang. Une systole forte devra s'ac-

pression intra-ventriculaire tombe moins bas à la fin des systoles (vide post-systolique moindre). *Puls.* La pulsation cardiaque offre à son sommet une pente moins inclinée, ce qui exprime une évacuation moins abondante. — *Car.* et *Tib.* Le pouls des artères gagne en hauteur et perd en amplitude (Héliogravure).

npagner d'une évacuation plus complète, c'est-à-dire d'une
ıinution plus prononcée du volume du ventricule et sur le
cé, on verra une pente plus inclinée du sommet de la pul-
ion.

C'est ce qui arrive en effet ; on en peut juger en comparant
forme des pulsations du cœur dans la figure 49 (1re moitié
, systole faible et (2e moitié B) systole forte.

Le raisonnement nous apprend encore que le ventricule, à
ce égale de sa systole, devra se vider plus ou moins, sui-
nt que la sortie du sang, par l'orifice aortique, sera plus ou
ins facile ; en d'autres termes, suivant que la tension arté-
lle sera petite ou grande. Pour obtenir une élévation de la
ession dans les artères du schéma, oblitérons quelques-uns
s tubes qui laissent passer le liquide des artères dans les
ines ; nous constatons aussitôt (fig. 50) que la pression
sang s'élève, ainsi que l'exprime la hauteur croissante
tracé des pulsations carotidiennes et tibiales. Or, dans ces
nditions, on peut voir que la pulsation accuse, par la pente
sa courbe systolique, des différences dans le changement
volume du ventricule. La pente, moins inclinée, pendant
ıe la tension artérielle est forte, annonce que le ventricule
vide moins ; cette pente, au contraire, s'inclinerait davan-
ge si la tension artérielle baissait et permettait au ventri-
ıle de se vider plus complétement.

Vacuité post-systolique. — La dépression soudaine qui s'ac-
use, à la fin de la systole, dans les tracés V et P (fig. 47),
ous l'avons attribuée à l'effet de l'évacuation ventriculaire.
.e ventricule, en effet, ne doit jamais avoir une pression plus
asse que lorsqu'il vient de se vider. Mais si la dépression
.ont il s'agit tient réellement à cette cause, il est clair qu'elle
era plus ou moins profonde, suivant que le ventricule se sera
idé d'une manière plus ou moins complète. Après une systole
nergique (moitié B, fig. 49), la dépression sera plus profonde
ju'après une systole faible (moitié A de la même figure).

Elle sera plus profonde aussi dans le cas où une pression
ırtérielle faible aura permis au ventricule de mieux se vider.
On peut s'assurer qu'il en est ainsi en effet, l'examen de la



lig
lib

lè
po
d'
ta
la
pr

l'o
les
cis
ai
m
la
d'
fig

Fig
d
t
v

do
pr
a-
ve

di

; se vide et se remplit, elle deviendra une source de
seignements utiles pour les physiologistes et les médecins.
'est pas douteux que les affections organiques du cœur ne
raduisent par des caractères graphiques d'une importance
le à ceux que l'auscultation nous livre. Aussi, ai-je, depuis
gtemps, essayé de rassembler des tracés recueillis dans les
érents états physiologiques et pathologiques.
Si je n'ai publié jusqu'ici que très-peu de chose au sujet des
plications pratiques de cette méthode, cela tient aux diffi-
tés nombreuses que présente ce genre de recherches. On
urrait croire que les lésions organiques du cœur doivent
révéler avec des caractères très-nets; mais ces lésions
it si rarement pures que la complexité de leur nature se
rouve dans les tracés. N'est-il pas très-rare de rencontrer
e lésion qui, non-seulement se borne à l'un des orifices du
ur, mais qui ne frappe cet orifice que de rétrécissement ou
nsuffisance, sans mélange des deux effets? En outre, pour
ccepter comme valables que les cas suivis d'examen nécros-
pique, on doit écarter un grand nombre de ceux qu'on a pu
ueillir. Ajoutons que, dans ces cas même, il faut que l'au-
sie ait été faite peu de temps après qu'on a recueilli le
cé, car les lésions organiques se modifient souvent avec
e rapidité extrême, et la lésion constatée par l'examen
davérique pourrait ne plus correspondre à l'état du malade
moment où il a fourni le tracé.

Toutefois, l'emploi du schéma semble devoir abréger
aucoup les recherches pathologiques dont je viens de parler.
n peut, sur l'appareil artificiel, produire des troubles bien
terminés du mécanisme cardiaque : faire subir à ses ori-
es des rétrécissements et des insuffisances absolument purs.
la modification que ces lésions artificielles entraînent dans
caractères de la pulsation se retrouve au lit d'un malade,
les signes fournis par l'auscultation pendant la vie et
xamen nécroscopique s'accordent pour faire admettre l'exis-
nce d'une même lésion, liée à certaines formes du tracé, alors,
concours de preuves devient extrêmement démonstratif et
rmet, sur un nombre restreint d'observations cliniques, de
ser des conclusions qui ne soient pas trop téméraires. Mais,
le répète, ces cas sont encore peu nombreux et ce n'est

s

g
e
d

g
d
r
n
l

p
c

fo
v
ti

tr
in
ju
ta

s
p
p

tracés du cardiographe. Ainsi, le professeur Fick a trouvé
tres valeurs que nous, pour la pression du sang dans le
r et dans l'aorte. Cela tient à la nature des instruments
l employait : instruments dont les indications n'étaient pas
z rapides. La transmission par l'air est à l'abri d'un pa-
danger.

' L'interprétation des tracés de la pulsation cardiaque n'a
paru suffisamment démontrée à certains physiologistes,
t pourquoi j'ai essayé de l'appuyer de preuves nouvelles.
démonstrations m'ont conduit à analyser la pulsation, dans
origine musculaire et dans les conditions mécaniques qui
ıodifient.

' Le cœur, considéré comme muscle, présente, avec les
'es organes musculaires, des analogies qui n'apparaissent
au premier abord.

' La systole brève de l'oreillette et celle du ventricule qui
sensiblement plus longue, ne doivent pas être assimilées
ͤs *contractions*, mais à des *secousses*, c'est-à-dire à l'acte
lus simple que puisse effectuer un muscle. Il faut donc re-
r l'expression de contraction du cœur pour exprimer sa
tole.
ι l'appui de cette théorie concourent des preuves de divers
res : les unes, tirées de la forme de la systole qui est celle
la secousse, les autres, empruntées à l'action du chaud et
froid sur le muscle cardiaque, au temps perdu qui précède
ystole comme la secousse d'un muscle; enfin, aux phéno-
ıes de contraction secondaire ou induite : la systole d'un
ır, en effet, n'induit qu'une secousse dans un muscle
grenouille.

;º Les phénomènes mécaniques qui produisent la pulsation
diaque sont intimement liés au mouvement du liquide à
térieur du cœur ; la pulsation n'a pas la même forme sur
cœur vide que sur un cœur dans lequel le sang circule.

)º Dans les conditions de la circulation du sang, la pulsa-
n du cœur se compose de deux éléments principaux qui se

cc
m
2e
de
pa
ve
or
ti

m
d
sp
v

m
ta

p
c
q
t

s
d
d

p
c
i
c

t

nomènes de la circulation cardiaque : ses bruits, sa pulsa- et le pouls des artères. Si l'on inscrit ces phénomènes, obtient des courbes assez approchées de celles que fournit ardiographie sur les animaux, pour qu'il ne puisse y avoir doute sur la parfaite analogie des phénomènes artificiel- ent obtenus avec ceux qu'on observe sur l'animal ou sur mme.

6° On obtient, sur l'appareil artificiel, le contrôle de toutes théories émises sur la signification des principaux élé- nts de la pulsation du cœur. Pour cela, il n'est besoin que modifier dans un certain sens la fonction de l'appareil ; on aussitôt se produire, dans les tracés, les changements que héorie faisait prévoir.

7° L'emploi de l'appareil artificiel sera d'un grand secours ur l'étude des caractères cliniques de la pulsation. Il per- , en effet, de reproduire artificiellement les différentes ons des orifices du cœur, et fait ainsi prévoir les carac- es que la pulsation devra présenter sur l'homme, dans le cas existeront les mêmes lésions organiques.

III.

MOUVEMENT DES ONDES LIQUIDES.

POUR SERVIR A LA THÉORIE DU POULS.

I. — Nature des ondes liquides.

du pouls et son rebondissement ou *dicrotisme*, ne peuvent s'ex-
que par un mouvement ondulatoire. — Théorie générale des ondu-
influence de la masse en mouvement, de la force élastique et de la
initiale. — Application aux mouvements des liquides dans les tubes
s; liquides de différentes densités ; tubes d'élasticités différentes.
iences destinées à signaler le passage de l'onde et différents points
e élastique.

les questions que soulève l'analyse des tracés du cueillis sur des artères plus ou moins éloignées du ns des conditions d'impulsion cardiaque et de ten-rielle différentes, il en est deux qui sont étroitement ie à l'autre, et dont la solution ne peut être fournie étude des liquides en mouvement, ce sont : le *retard* sur la systole cardiaque, et le rebondissement ou du pouls.

endre compte de ce retard, qui s'accentue davantage qu'on explore une artère plus éloignée du cœur, vait déjà proposé d'appliquer, à ce cas particulier de ion artérielle, les données fournies par l'étude des iides. Après lui, nous avons admis qu'en effet la ion du mouvement des liquides dans des tubes élas-tant un certain temps à s'accomplir, le retard du

88

p
p

Fig
l'
la

di
te
ve

Fig.

co
ex
me

(1)

ène est purement physique, en le reproduisant dans litions tout artificielles.



Pouls dicrote au commencement du stade de chaleur d'une fièvre intermittente.

;ures 53 et 54 représentent des tracés du pouls dienus, l'un sur l'homme, l'autre sur le schéma de la *)n* (1).

oit donc plus être question de certaines hypothèses *)our expliquer* le dicrotisme du pouls. Celle qui tenre admettre l'existence de deux systoles successives *cule* ne peut résister à l'auscultation du cœur chez dont le pouls est dicrote. Chez eux, en effet, on que les deux bruits normaux et on ne sent que la *unique* qui caractérise la révolution régulière du dis que le doigt, en explorant le pouls, est frappé par *;ations successives*. Quant à la théorie qui attribue à le artérielle la cause du dicrotisme, elle n'explique éalité, puisque, dans l'hypothèse d'une systole artélevrait se produire un retrait du vaisseau et une dée la courbe tracée, au lieu d'une élévation nou*ı'y a donc* pas lieu de s'attacher à cette théorie et cher quelles actions nerveuses présideraient à ce *·égulier*, à cette succession étonnante de la systole et de la systole artérielle.

'il suffit d'admettre l'existence des ondes artérielles quer l'existence d'un retard du pouls et la producicrotisme, cette notion sommaire ne permettrait *)mprendre* toutes les variétés de ce retard, toutes ›n rencontre dans le nombre, l'amplitude et la durée lissements de la pulsation artérielle. C'est dans une ıce plus approfondie du mouvement des ondes li-

description de cet appareil, *voy*. le mémoire II, p. 66, fig. 45.

9(

oı
cl
si

le
d
d
s(
s(
v
d
g
d
b;
le

d
li
é(
t(
q

q
p
eı
d

m
f(

ti
fı
tı
d
n
r

pour redevenir travail extérieur. Dans
emple, la force vive de la masse tra-
ce élastique de la verge métallique ;
s'infléchir et la force vive se dépensera
cusera par la perte graduelle de la vitesse
and la balle n'aura plus de vitesse, elle
force vive ; alors, tout le travail qu'elle
lans la tige infléchie. Mais, dans cette tige,
nmagasiné ; si elle est parfaitement élas-
restituer à la balle. Cette masse, en effet,
ent rétrograde par le redressement de la
le-ci est redevenue rectiligne, la balle a
me vitesse, contient la même force vive
int. Cette force vive de sens inverse va se
out à l'heure, à courber la verge dans l'autre
iènes se reproduisent indéfiniment de la
u'à ce que certaines pertes de travail étei-
ent vibratoire.

ations sont des phénomènes de même nature ;
l'existence d'une masse, animée de vitesse,
e vive contre une autre force extérieure qui
alternativement dans un sens et dans l'autre,
; ou moins complète.

a force extérieure qui agit sur la masse d'une
ive peut changer sans que le phénomène soit
nanière essentielle. Ainsi, on peut assimiler
d'une tige vibrante, celles d'un pendule dans
teur joue le même rôle que l'élasticité dans le
nple.

anomètre à mercure est soumis à un rapide
e pression, des oscillations se produisent, parce
de mercure est soumise à l'action de la pesan-
be sa force vive et la lui restitue tour à tour.

re osciller une colonne liquide sous l'influence
s élastiques. Si l'on emplit d'eau un tube de
), terminé par deux tronçons de tube élastique
s extrémités, il suffit de frapper sur l'un de ces
ues pour imprimer au liquide une impulsion
ira par des oscillations successives. La colonne

l

c
r
t
l
o
le
c

Fi

tı
c
te

d
s
e
ti

si, dans toute oscillation, deux forces antagonistes et
:asse animée de vitesse sont les deux facteurs néces-
Dans la circulation artérielle, nous retrouvons ces deux
s : la masse du sang animée de vitesse distend les parois
ıes des vaisseaux; ceux-ci réagissent à leur tour
masse liquide. Les lois générales des mouvements
ıires peuvent déjà nous faire prévoir comment cer-
ıfluences agiront pour modifier l'oscillation sanguine
durée ou dans son amplitude. Ces lois, en effet,
ɔrennent, qu'en changeant un des facteurs de l'os-
on en change la durée ou l'amplitude.

ıugmentant la *masse* du corps oscillant, on accroît la
chaque oscillation;

ugmentant la *force élastique* on diminue la durée de
n ;

ı, en augmentant la *vitesse* initiale du mobile, on
ıplitude de l'oscillation.

peuvent se vérifier dans les conditions déjà indi-
ı6, sur les mouvements d'un liquide contenu dans
nt les deux extrémités sont élastiques.

ifier l'influence *des masses*, comparons ce qui se
! on emplit le tube avec de l'eau ou avec du mer-
ıstate, figure 57, que dans ce dernier cas, la du-
lations s'est accrue notablement.



la même expérience reproduite avec du mercure substitué à l'eau
le tube. Les oscillations sont beaucoup plus lentes.

ɔr l'influence de la *force élastique* toute seule,
ıbe avec un même liquide ; mais, dans un cas,
:trémités des tronçons de caoutchouc minces,
cas, prenons du tube plus épais. De cette
s agir sur la colonne liquide en mouvement
ques, tantôt faibles, tantôt fortes. La durée

d
c'

p
di
cr

ri
se
ta
de
sy
pr
m
tr
bl

gu
fé
1 a
da
po
de
de
de
ex
pl
éla
m
me
os
qu

au
sic
no
fa
pl

›s seraient, par exemple, celles de Newton, de Flau-
ues, de Poisson, de Biot, etc., sur les mouvements des
s à la surface d'une nappe liquide qu'on agite en un
. Mais l'imperfection des moyens dont ces expérimenta-
disposaient, pour mesurer la vitesse et la longueur des
s, ne permet pas d'avoir une grande confiance en leurs
tats qui, du reste, se contredisent souvent. Il m'a semblé
a méthode graphique faciliterait singulièrement cette
›.

jà en 1858, j'ai entrepris d'inscrire le passage de l'onde
fférents points d'un tube élastique remplit de liquide (1).
effet, je disposai l'un au-dessus de l'autre trois leviers
gues à ceux du sphygmographe et dont les pointes, pla-
sur une même verticale, devaient écrire, chacune la pul-
recueillie en un point différent de la longueur du tube.
-ci, recourbé plusieurs fois sur lui-même, venait passer
e premier levier, puis sous le second, enfin sous le troi-
. Le liquide était poussé dans le tube par un orifice très-
et y pénétrait avec une grande lenteur. On obtenait
un tracé qui montrait que le début des courbes retarde
eu d'un bout à l'autre du tube, mais que le sommet de
présente un retard très-considérable. De ces expérien-
avais cru pouvoir conclure au mode de propagation du
›ment dans les liquides ainsi renfermés dans des tubes
ues ; aussi, croyant que le sommet des pulsations re-
seul sur l'instant où le liquide pénètre, je pensais que
rd du pouls est plus apparent que réel.

sson, dans des expériences analogues, imprima une
› plus grande au liquide qu'il poussait dans le tube ; il
alors les choses se passaient différemment, et qu'on
nsidérer le retard du pouls comme réel, c'est-à-dire
t sur le début même des pulsations inscrites. Ces expé-
; modifièrent mes opinions et me rattachèrent aux idées
›ber sur l'onde sanguine.

tard enfin, les expériences d'Aeby sur l'onde muscu-

ez *Annales des Sciences naturelles*, *Zoologie*, 4e série, t. VIII. — Ces
›es sont décrites et figurées *in* Longet, *Traité de Physiologie*, t. II,

l
é
r
p
i
e
l
s
v
c

g
à
c

p
p
s
p

i

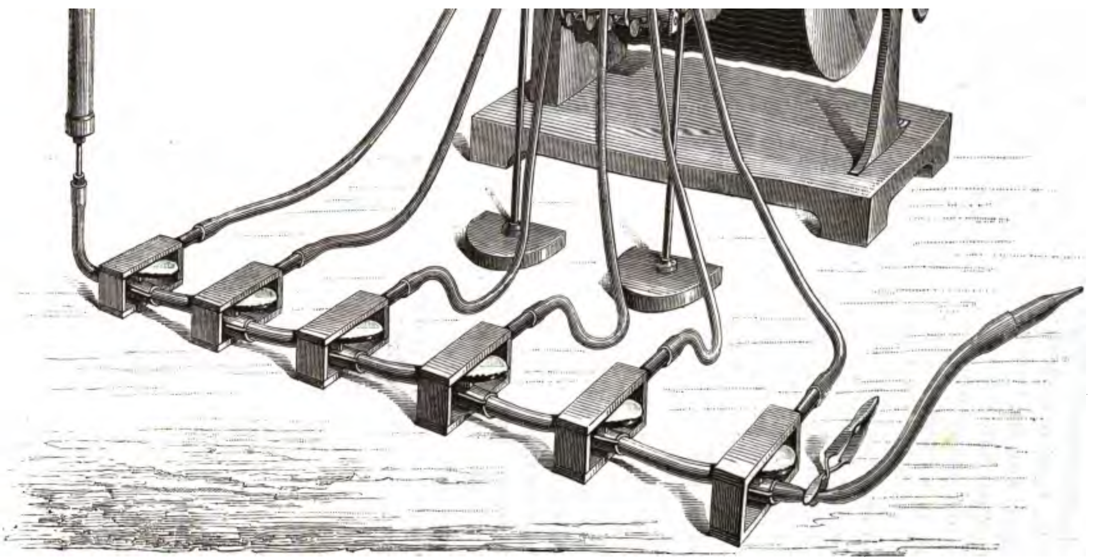


Fig. 59. — Disposition de l'expérience pour inscrire les mouvements des ondes liquides.



9

e
s
r
b
tı
d
s
e
a

U
l'
d
n
ti
p
2
d
ii
c
t
c
s
ti
n

t
t
e

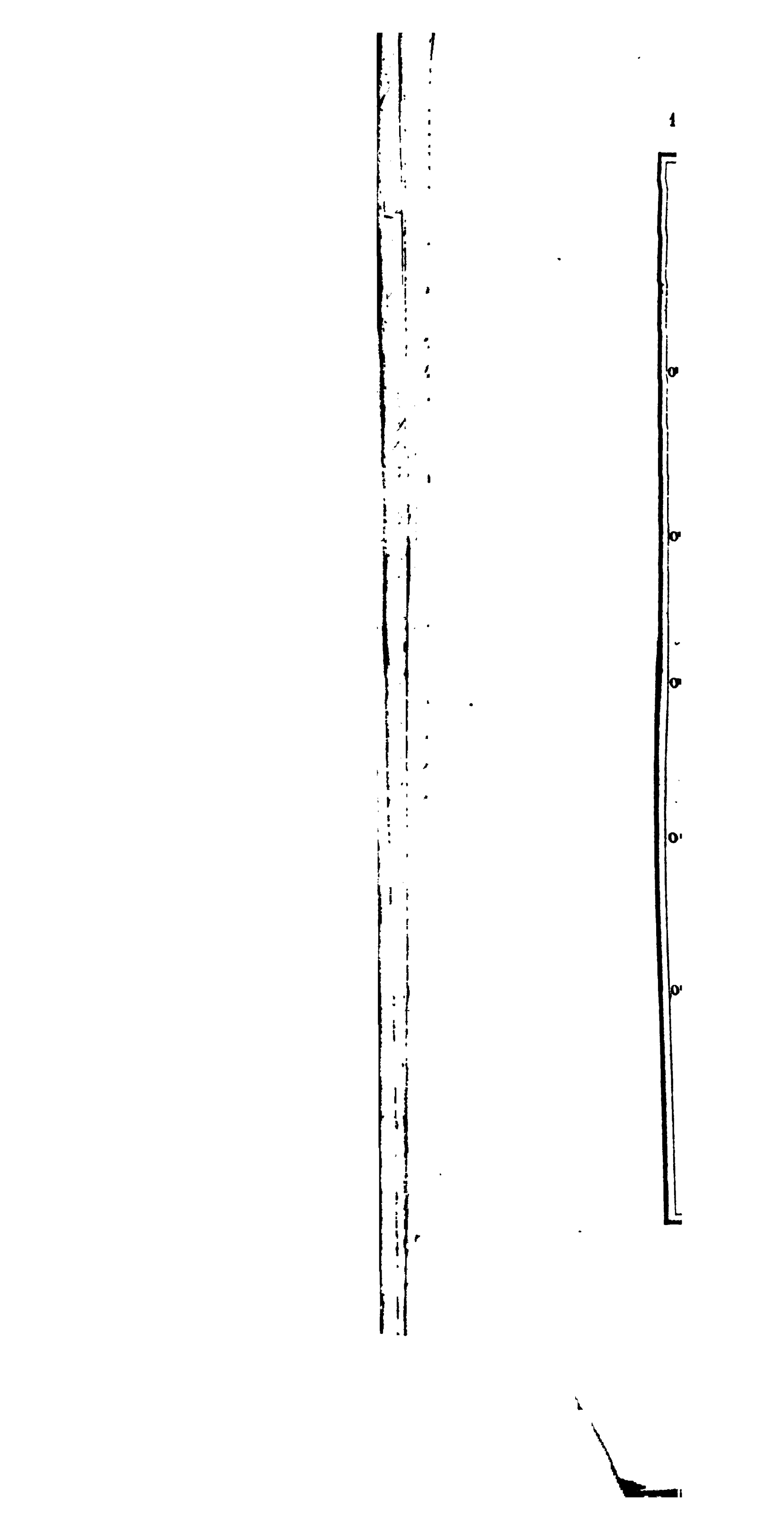
dé... placement des leviers est successif. Leurs
...nt les unes après les autres, comme si un
...r elles ; on voit même qu'après une déviation
...impulsion du liquide, elles en reçoivent une
...verse. Mais l'analyse du tracé permet seule
...dre le phénomène qui s'est produit.

...z *figure* 60 (au verso). — L'onde obtenue
...rience est une onde *positive*, c'est-à-dire for-
...tr...ation du liquide dans le tube ; elle s'accom-
...ne élévation de la pression sur tout son par-
...ette pression élevée qu'est dû le gonflement
...t en jeu chaque explorateur et se traduit, dans
...ne élévation de la courbe. Nous aurons à con-
...ivement les phénomènes suivants que présente

...e de propagation de l'onde ; 2° la réflexion et
...ur ; 3° les changements de hauteur de l'onde
...nts de son parcours ; 4° les changements suc-
...orme de l'onde ; 5° la formation d'ondes secon-
...ne impulsion unique.

... *propagation de l'onde*. — Dans la figure 60, les
... se compter de bas en haut ; le tracé I est fourni
...l...orateur de l'onde, tout près de l'orifice d'entrée
...t le tracé VI appartient au dernier explorateur.
...qui s'écoule entre les apparitions successives de
...s divers explorateurs s'estime en cinquantièmes
... en fractions de ces divisions, au moyen du tracé
...que. A cet effet, on abaisse une perpendiculaire
...le chacune de ces courbes, et on la prolonge jus-
...racé du chronographe. Si les intervalles qui sépa-
...rpendiculaires successives sont égaux, c'est-à-dire
...ent le même nombre de vibrations, on doit consi-
...sse de l'onde comme uniforme. Alors, en effet,
...qui sépare deux explorateurs successifs est con-
...entimètres, et le temps employé à la parcourir es

...gure 60 on voit que, pour parcourir 20 centimètres



ait 1/50 de seconde environ, ce qui
res environ par seconde (1).

ATION DE LA FIGURE 60.

présente les temps; chaque durée peut être
t en fractions, d'après le nombre de vibra-
aphe.

s exprime les longueurs de tube ou les
ide. Entre deux explorateurs il y a un in-
ances verticales I à II; II à III, etc., corres-
chemin parcouru par l'onde.

ins les 6 tracés superposés, marquent chacune
nde, et permettent d'en suivre la marche.
s dans lequel se fait la propagation. Ainsi 1 *a*,
la marche de la première *onde directe positive*
'entrée où elle est signalée par l'explorateur
fermée du tube où elle se réfléchit. On peut
onde pendant son retour; elle est signalée
... *a'* 1. Le lieu de la réflexion est indiqué par
on des flèches qui d'ascendantes qu'elles étaient,
s.

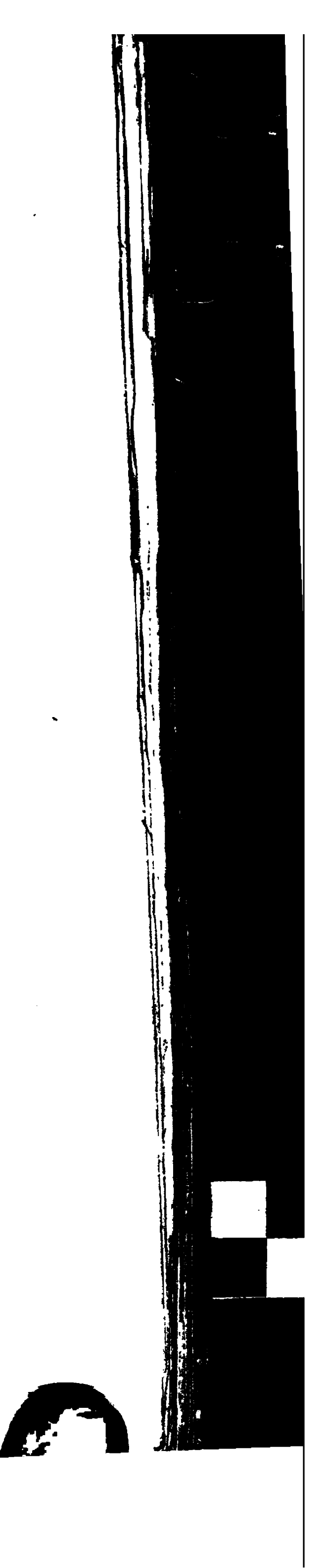
sont signalées par des lettres qui permettent
naître ; ainsi *b* désigne la 2e onde, *c* la troisième,
des secondaires s'éteignent plus ou moins vite;
s le 3e explorateur, c'est-à-dire qu'elle s'éteint
m,40; l'onde *c* ne parcourt que de 0m,20 ; l'onde
,20.

de quelconque se déduit du temps qui s'écoule
apparition sous le 1er explorateur et le moment
le second. Comme le début d'une onde se distin-
que le sommet, c'est de ce dernier point qu'on a
successives de l'onde. A cet effet, on abaisse une
ommet de chaque onde 1 *a*, 2 *a*, etc., sur l'axe des
du chronographe.

les peut encore se mesurer d'après l'inclinaison
lrait entre elles les bases de chacune des perpen-
du sommet de la courbe sur l'abscisse de celle-ci.
vitesse serait uniforme, on aurait ainsi une ligne
as lieu dans la figure 60.

onde se déduit de l'espace qui sépare les origines
leux ondes successives à un même instant. Comme

oublier que cette vitesse correspond à un certain dia-
ine élasticité du tube, et que si les conditions changent,
alement.



›s parois du vaisseau. La partie de cette aiguille qui ait dans le courant sanguin subissait un entraînement ‹ sens du mouvement, de sorte que celle qui se trouvait ıors se déviait en sens inverse du mouvement du li-

ıgée de cette façon dans le tube sur lequel nous étu- e mouvement de l'onde, l'aiguille accuse, par ses dévia- lternatives de sens contraire, qu'il se produit dans le des déplacements alternatifs de sens opposés.

ıtre procédé, pour démontrer la réflexion de l'onde, con- faire varier le point où elle se réfléchit. Dans l'expé- qui a fourni la figure 60, on a vu que la pince qui ferme ɜ se trouvait placée immédiatement après le 6e explo- ; cet explorateur se trouve donc au lieu même de la on de l'onde. Il se produira, en cet endroit, une onde aute que dans les autres points, attendu que toute la du liquide se transformera en pression latérale qui di- le tube. Dès que cette pression sera arrivée à son um, par l'extinction de la vitesse du liquide, il se fera ›uvement rétrograde. En somme, l'onde sera simple xplorateur, puisqu'il n'y aura qu'une élévation suivie diminution de la pression. Enlevons l'obstacle formé pince et transportons le 12 centimètres plus loin; dans son trajet direct, passera sous le 6e explorateur ‹ elle a déjà fait sous les autres, puis elle ira se réfléchir le nouvel obstacle et reviendra en arrière pour repas- nouveau sous le sixième explorateur. Cet instrument lonc signalé deux ondes distinctes au lieu d'une seule; xième est l'*onde réfléchie*.

ìgure 64 (ligne pleine) montre cette bifurcation du som- ‹ la dernière courbe, qui se produit quand on place l'ob- au delà du dernier explorateur.

.tervalle qui sépare le sommet de l'onde directe de celui ıde réfléchie permettrait même de déterminer la position ›stacle, si cette position était inconnue. Cet intervalle ɔps correspond, en effet, à la durée du va-et-vient de , c'est-à-dire au temps nécessaire pour que celle-ci ıre deux fois la longueur de tube qui sépare le dernier ·ateur du point de réflexion. Comme la vitesse de

l'o
in
la
ra
ch

sig
à
di
ètı
se
ob
plı
les
ch
réi

so
l'o
arı
réi
tré
Ai
au
(L
d'a
rai

cei
ca:

no
tie
tat

Le
mc
le
tra

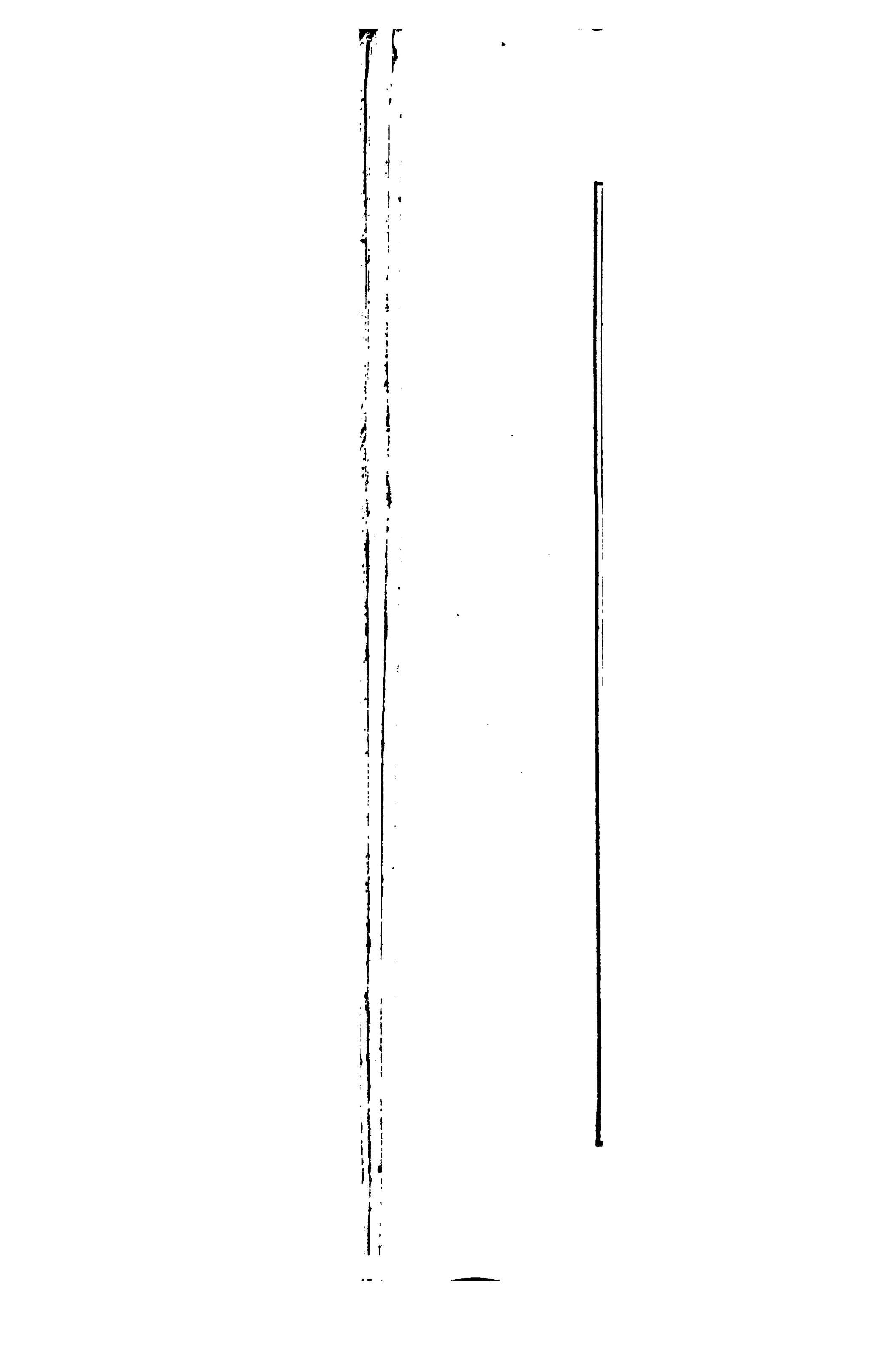
n que tient la grande amplitude de l'onde qu'on ob- la partie initiale du tube où elle atteint son maxi-

ı étudiait les phases de la vitesse du liquide aux dif- *points de* la longueur du tube, on verrait qu'elle pré- es variations inverses de celles de la pression. Ce ɔjet d'études ultérieures.

ıngements successifs de la forme de l'onde. — Si l'on entre elles les courbes successives que donne la sé- ppareils, on constate que l'onde change de forme d'un ıutre du tube. Ce changement consiste essentiellement liminution de l'amplitude et en une augmentation de de l'onde ; à mesure qu'on l'observe plus loin du point ›rend naissance, le sommet de la courbe devient plus ən même temps que sa hauteur diminue.
ient à l'élasticité qui tend à uniformiser la pression différents points de la colonne liquide. C'est cet effet nu qui, dans la circulation du sang, supprime la pul- ans les artères éloignées du cœur. La diminution ə de l'onde est masquée, dans les tracés supérieurs re 60, par l'augmentation qui tient à la réflexion contre ; mais si l'on suit l'onde réfléchie dans son cours le, on voit qu'elle continue à se transformer, perdant de l'amplitude et gagnant de la durée.
ve parfois que l'onde réfléchie, arrivée à la région u tube, s'y réfléchit de nouveau et repart dans le son premier mouvement ; mais l'onde est alors peu sa transformation est presque complète, ce qui se ›ar une extrême réduction de son amplitude et un ıd accroissement de sa durée.

nation d'ondes secondaires pour une impulsion unique e. — On voit encore dans la figure 60, sur chacune bes superposées, que la première, *onde directe*, ə d'une série plus ou moins nombreuse de petites ›croissantes. Celles-ci sont directes également ; on uivre plus ou moins loin dans la série des courbes, ə qui exprimerait leur vitesse est sensiblement pa- celle qui exprimerait celle des premières ondes.





de petites ondes successives se propagent dans le même
ıe la première et se poursuivent, en quelque sorte, sans
r s'atteindre, puisqu'elles ont la même vitesse.
st facile de se rendre compte du mode de formation
des *directes secondaires*. Elles sont liées à la vitesse
aquelle le liquide est poussé dans le tube élastique, et
nnent naissance que dans le cas où la colonne liquide
ussée avec assez de brusquerie pour que sa *vitesse*
› lui fasse abandonner les régions initiales du tube. La
e liquide laisse donc derrière elle un vide relatif ; der-
ɜllė, la pression est plus ou moins diminuée ; aussi, dès
liquide aura suffisamment dépensé sa force vive, verra-
ɜ produire un reflux plus ou moins considérable et, à la
le ce reflux, une réflexion qui amènera une deuxième
lirecte. Celle-ci, à son tour, si elle a assez de vitesse,
ı, quoiqu'à un degré moindre, produire les mêmes phé-
ıes et donner naissance à une troisième onde directe. On
t que ces ondes successives, devenant de plus en plus
, ne puissent être très-nombreuses, ou du moins ne
pas longtemps visibles dans le tracé.
ıde réfléchie, de son côté, se comporte comme l'onde
ɜ. Elle peut aussi donner naissance à des ondes secon-
dont le mécanisme ne diffère pas de celui qui vient
exposé. Toutefois, ces ondes secondaires réfléchies sont
nettes et moins nombreuses que les ondes secondaires
ɜs, à cause de l'extinction que l'élasticité du tube pro-
ans les ondes, surtout quand la longueur du tube est
lérable.

ìn, quand on se sert de tubes épais, et quand l'impulsion
e au liquide est brusque, on voit apparaître des ondes
ıutre ordre qui se superposent à celles que nous venons
ścrire. Ces *ondes de second ordre* sont plus nombreu-
ıe les ondes de premier ordre ; elles constituent pour
dire l'*harmonique* de la vibration principale. Si l'onde
pale était comparée au son fondamental que rend une
vibrante, les ondes de second ordre en seraient la 2e oc-
ıiguë. (*Voy.* fig. 61.)





VI
V
IV
III
II
I

B) Deuxième cas. — Onde négative dans un tube fermé.

·tons-nous toujours à la figure 59 pour la disposition ıreils, mais supposons, qu'au lieu de fouler le liquide ·ube, nous l'aspirions, au contraire, en retirant le piston ompe. L'effet produit sera une diminution de dia- ı tube, et cet effet se transmettra de proche en proche. ∋s seront *négatives*, puisqu'elles consisteront en abais- du niveau de la courbe. Les lois de la transmission esse et celles de la transformation des ondes sont les que celles qui président au mouvement de l'onde po- ɔn en jugera par l'analyse de la figure 62 (1).

esse de l'onde négative. — Si l'on observe la pente senterait la ligne qui exprimerait les vitesses de toutes ∋s négatives successives, on voit que cette ligne se- siblement parallèle à celle qui dans la figure 60 mar- la vitesse des ondes positives; il y a donc même vi- ∍ propagation pour ces deux sortes de mouvements. iration produite à l'origine du tube crée un vide dans ;e précipitent les tranches successives de la colonne et ce mouvement se propage jusqu'à l'extrémité du ı est oblitérée.

flexion de l'onde négative. — Quand le liquide a re- proche en proche, et que la dernière tranche s'est marche, il se produit pour elle un effet particulier eut assimiler à la réflexion de l'onde positive ; car il ∍xactement l'inverse ou la réciproque. Cette dernière , en effet, se porte du côté des régions initiales du tube, le n'est plus suivie comme les autres par des tranches ∋s situées derrière elle. Son reflux crée donc un vide t plus grand que rien ne vient le combler ; aussi, la

; la figure 62, les lettres et les chiffres ont la même valeur que dans 60 ; les flèches indiquent de même le sens du mouvement de l'onde. ; tube employé était plus mince. il y a un peu moins de vitesse que gure 60.

pr
ab
lu
gi
to
de

po
l'o
no
les

Ce
de
tat
cit
tes

pi
se
on
le
m
pe
on
pl
on
Q
la
he
fo
d'
qu

ga

ıces au mouvement de l'onde sur tout son parcours, et
ì le tube se termine par des voies plus ou moins
.
tube est largement ouvert, on observe les phénomènes
s :
ne se produit pas d'onde réfléchie ;
intensité de l'onde va diminuant sans cesse jusqu'à
ıité du tube.
ı vitesse de l'onde diminue peu à peu.
it confirme l'opinion ci-dessus énoncée : que dans le
ıbe fermé, figure 60, l'accélération apparente du mou-
de l'onde au voisinage de l'extrémité close tient à l'ac-
nent d'amptitude que produit la réflexion.
tube s'ouvre par un ajutage plus ou moins étroit, on
*roche des co*nditions du tube fermé, et l'on voit appa-
'onde réfléchie, qui prend d'autant plus d'importance
roitesse de l'orifice d'écoulement est plus grande.
ois s'appliquent aux ondes positives comme aux ondes
es.

ÉSENTATION STÉRÉOSCOPIQUE DE MOUVEMENTS DE L'ONDE
ı TUBE ÉLASTIQUE. — Pour rendre plus intelligible la
ıation des courbes ci-dessus enregistrées, il faudrait
nter la série d'apparences que prend le tube à des
; successifs.
t clair, puisque le tube est parcouru par une série
, qui se poursuivent, qu'on doit, s'il a une longueur suf-
le voir à chaque instant présenter la forme d'une
de chapelet, ou celle d'une série de fuseaux placés
bout. Ces fuseaux auraient des renflements de moins
ıs considérables : celui qui marche en tête étant le plus
ıeux. Quant à la longueur de ces fuseaux, elle serait
e pour tous, puisque les ondes se suivent à des inter-
onstants et se meuvent avec la même vitesse.
avoir une idée de cette disposition, il faudrait, ainsi que
osé Buisson (1), construire une figure en relief établie
planchette rectangulaire et dans laquelle le relief des
orrespondrait à l'amplitude des tracés ; l'un des côtés

son. *Thèse inaugurale*, p. 18. Paris. 1862.

ıngle servirait à compter les durées (ce serait l'axe
ıcisses), tandis que l'autre exprimerait les longueurs
parcourues par l'onde (ce serait l'axe des ordonnées).
ɔnner sur le papier une idée de cette construction, il
'aide de hachures, ombrer l'intervalle des courbes, et
à cette série de tracés un relief pareil à celui d'une
olide. La figure 63 rend compte de cette apparence.
ɛconnaît la série des ondes positives, primitives et se-
es ; on y voit aussi le relief de l'onde réfléchie.
dans cette figure, l'œil embrasse à la fois des mou-
s qui se produisent à des instants successifs. Il faut
our apprécier la forme que présente le tube à un ins-
əlconque, ne voir à la fois que ce qui correspond à une
ivision du temps : restreindre, par exemple, le champ
;ure à ce qui serait visible par une fente verticale, ou
serait recouvert par une ligne verticale. Pour signaler
ə du tube aux instants suivants, la fente ou la ligne se
·terait de gauche à droite.

, pour savoir ce qui se passe dans le tube à une série
ts successifs, il suffira de promener de gauche à
ne règle tenue perpendiculairement à l'axe des abs-
e toutes les courbes. On voit alors que pendant les
s instants A, au moment où a lieu l'impulsion de la
le tube est cylindrique dans toute son étendue, sauf
ne, où il commence à se renfler par l'arrivée du liquide.
plus tard B, le renflement s'étend plus loin et dimi-
ı aux régions initiales. Plus tard encore C, deux ren-
s existent sur le tube : la première onde est suivie
ıde secondaire déjà formée. On suivra de même ce
·asse au moment de la réflexion.

ıs enfin que si l'on considère, à ce point de vue, le mou-
des ondes dans le tube, on arrive aisément à la notion
ıeur de l'onde. Cette longueur, en effet, n'est autre
istance verticale qui sépare les origines et les som-
deux ondes consécutives.

estimer la valeur réelle de cette distance, il faut se
· que, sur l'axe des *ordonnées*, l'intervalle qui sépare
ırbes successives correspond à celui qui sépare deux
eurs du tube. Or, cet intervalle est de 20 centimètres;



nue avec du mercure dans le tracé qui a servi à l'expérience fig. 66 (figure réduite par photographie).

rmettra d'obtenir la valeur réelle des longueurs d'ondes. levra donc conclure que, dans le cas présent, la longueur onde est de 60 centimètres environ.

ES INFLUENCES QUI FONT VARIER LA VITESSE DU TRANSPORT 'ONDE. — Si l'assimilation que nous avons faite de l'onde de avec les autres phénomènes vibratoires est juste, on a constater des changements dans la vitesse de cette onde s les fois qu'on fera varier l'un des deux facteurs du vement vibratoire : *la masse en mouvement et la force élas- du tube.*

our changer la masse en mouvement, substituons du mer- à l'eau qui était employée tout à l'heure, nous obtien- s un ralentissement considérable du transport de l'onde. les tracés formés par des lignes ponctuées, figure 64. reste, on voit, par cette figure, qu'il n'y a rien de changé la vitesse du transport de l'onde ; la nature du mouve- est la même.

en peut dire autant de ce qui arrive lorsqu'on change *rce élastique* du tube. Augmentons la force élastique, en tituant à un tube mince un autre tube à parois plus sses ; nous obtiendrons une accélération du transport de e. Enfin, si nous lançons dans un tube élastique une d'ondes successives, nous pouvons constater, qu'à mesure *la tension* du tube s'accroit, la vitesse du transport de *s'ac*célère.

eber avait déjà prévu que la vitesse de transmission de sanguine dans les artères doit varier avec l'état de la ion du sang. Quand cette pression augmente, les artères tendues deviennent moins extensibles et la vitesse de e s'accroît.

ant l'emploi d'appareils inscripteurs pour signaler le ge de l'onde en deux points différents du système arté- il eût été bien difficile de vérifier l'exactitude de l'hypo- de Weber ; aujourd'hui, une pareille mesure ne présente *de* difficultés. Mais on s'aperçoit, en faisant de telles me- , que la question est plus complexe que Weber ne l'avait osé et que la plus ou moins grande élasticité des artères pas la seule condition qui règle la vitesse de l'onde.

1(

VI

V

IV

III

II

I

Cl

'LUENCE DE LA VITESSE D'IMPULSION DU LIQUIDE SUR LA FORMATION DES ONDES.

a dû remarquer, dans les expériences précédentes, que le
re et l'intensité des ondes secondaires varie notablement
expérience à l'autre. Cela tient à la différence des vi-
avec lesquelles le liquide pénètre dans les tubes. Ainsi,
60 présente, au voisinage de l'orifice d'entrée du liquide,
ondes secondaires ; la fig. 63 n'en offre qu'une très-faible
s'éteint bientôt. C'est que dans le premier cas, le liquide
poussé dans le tube avec vitesse ; on en peut juger par
squerie de l'ascension des tracés. La lenteur de l'im-
n du liquide s'accuse au contraire dans la fig. 63 où les
s s'élèvent d'une façon moins brusque.

e influence de la vitesse du liquide sur le nombre des
s'explique facilement d'après la théorie précédemment
e. Il faut que le liquide possède une grande vitesse
n'en s'élançant dans le tube, il laisse derrière lui un
ui, provoquant un reflux, fera naître une deuxième
elle-ci une troisième et ainsi de suite.

it non moins remarquable, c'est l'influence de la vitesse
quelle se fait la pénétration du liquide sur la vitesse
port de l'onde. Les mêmes figures montrent que l'onde
plus vite quand elle est due à une brusque pénétra-
lu liquide.

ENCE DU VOLUME DES AFFLUX DU LIQUIDE SUR LES CARACTÈRES DES ONDES.

e rapidité d'impulsion, si l'on envoie dans un tube
quantité de liquide, les tracés obtenus accusent la
d'ondes secondaires, comme on l'a vu dans les
précédents. En outre, ces ondes secondaires appa-
lès l'origine du tube ; c'est même en ce point qu'elles
maximum d'intensité. Mais si l'afflux du liquide est
si, par conséquent, il présente une certaine durée,

les chose
c'est-à-di
qui la pous
ce vide néce
du moins ce
du tube.

La fig. 65 m
afflux quatre à
riences précéden
d'un ventricule d
ligne I, par des fo
pression intra-ven
sommet aplati.

Toutefois, on obse
courbe n° I, mais ce
sur les courbes recuei
tube : la courbe n° III
le volume de l'ondée san
tème artériel influe sur
duction des ondes second

Trois impulsions success
série des six courbes, fig. 6
presque pas d'ondes second
en présente de très-nettes.

Dans l'expérience qui nous
reçoit des afflux successifs de l
intérieur, car le tube perd moi
qu'il ne reçoit de la pompe. Cet
donne naissance à des phénomè
d'une part à l'accroissement de l
ondes, d'autre part à la diminution
connaissons déjà le premier de ces
nous occupera plus tard d'une mani

DES ONDES LIQUIDES DANS LES T

Si nous imaginons que des tubes élas
mètre soient branchés les uns sur les a

ıs entre eux, une impulsion de liquide, à l'intérieur tème, produira des ondes extrêmement compliquées. branche, indépendamment des ondes qui se forment en recevra des branches voisines, et il en résultera plication inextricable.

ıble, au premier abord, que dans la circulation du tte confusion doive se produire ; qu'à travers l'aorte, es des bras et de la tête échangent leurs ondes entre ıvec les artères des membres inférieurs. Il n'en est ıorte, grâce à sa capacité considérable et à sa grande , constitue une sorte de réservoir où les ondes sont sensibles. C'est dans chaque artère en particulier sent les ondes qu'on observe dans le tracé de sa pul-).

ɔn donner la preuve, voici l'expérience qu'on peut faire: d un tube élastique et de gros calibre, imitant, par nsions, une aorte humaine et sur ce tube on en bran- ıtres plus petits qui représenteront des artères. Si rve la pulsation et ses ondes sur deux de ces artères, ne soit très-courte et l'autre très-longue, on voit que e même impulsion de liquide à l'intérieur de l'aorte, artères se comportent différemment ; que chacune des propres dont la durée et l'intensité dépendent de eur et de l'élasticité du tube où elle se forme ; enfin ondes formées dans un tube ne se transmettent pas ıtre.

ɡure 66 représente les tracés fournis en même temps x tubes branchés, à la façon de deux artères, sur un

mes premières études sur la circulation, je croyais que le pouls ait à la réflexion d'une onde qui revenait de l'extrémité de l'aorte et es aux régions voisines du cœur. J'abandonnai bientôt cette théorie. interpréta à son tour le pouls dicrote d'une façon différente, mais ıéorie, intervenaient également des ondes qui, à travers l'aorte, au- sé d'une artère dans une autre. Certaines expériences semblaient pinion de cet ingénieux physiologiste ; ainsi, en comprimant les ar- rales, il supprimait une des ondes dans le tracé de la carotide. La on des fémorales produit, dans la circulation aortique, un effet qu'il ıs négliger : elle y élève considérablement la pression du sang ; elle rivée de l'ondée ventriculaire une résistance soudaine qui éteint la de son afflux. C'est à ces influences qu'il faut attribuer les change- présente alors le pouls de la carotide; j'espère en donner plus loin tration.

12

m
l'a

m

Fi

pl
le
ne
da
tit

ap
tè

in
da
se
de
lo
sp

la

sité du liquide employé ; elle diminue graduellement pen-
t le parcours de l'onde; elle croit avec la rapidité d'impul-
: du liquide.

' *L'amplitude* de l'onde est proportionnelle à la quantité
iquide qui pénètre dans le tube, et à la brusquerie de sa
étration ; elle diminue peu à peu pendant le parcours de
le.

Quand un afflux de liquide dans le tube est bref et éner-
e, il peut se faire, sous l'influence de cette impulsion
ue, une *série* d'ondes successives qui marchent les unes
suite des autres. *Ces ondes secondaires*, formées suivant
ois du mouvement vibratoire, ont des amplitudes gra-
ement décroissantes ; en outre, elles peuvent être suivies
ou moins loin sur le trajet du tube : les dernières formées,
les plus faibles, s'éteignent les premières.

Quand une onde est suivie d'ondes secondaires, on peut
rer la *longueur* de chacune d'elles, d'après l'intervalle
épare deux sommets consécutifs. La longueur d'une onde
ente quand diminuent sa vitesse et son amplitude.

Si, au lieu d'introduire du liquide dans le tube, on en
au contraire une petite quantité, il se forme une *onde*
ve qui est soumise aux mêmes lois que l'onde positive,
t être suivie d'ondes négatives secondaires.

Lorsque le tube dans lequel se forment les ondes est
, ou suffisamment rétréci à son extrémité, il se forme
des réfléchies qui suivent un trajet rétrograde et revien-
l'origine du tube. Ces ondes réfléchies se distinguent
des directes en ce que la compression du tube en aval
nt exploré augmente l'intensité des ondes directes et
ne les ondes réfléchies. Au lieu où se fait la réflexion,
tude des ondes augmente, ainsi qu'on l'observe à la
: d'un bassin, quand les ondes viennent en frapper les

8°
tube
pour
jouté
celui
rifice
dispa

9° Q
tité et
à l'osci
Toutef
de l'or

10° D
semblab
passent
la circul
ondes d.
ondes qu
forment p
réservoir
et ne les

11° Qua
branchés s
l'aorte, *cha*
propres, qu
varie avec

IV

LA MÉTHODE GRAPHIQUE DANS LES SCIENCES EXPÉRIMENTALES.

> Segnius irritant animos demissa per aurem,
> Quam quæ sunt oculis subjecta fidelibus et quæ
> Ipse tibi tradit spectator.
>
> (HORACE.)

INTRODUCTION.

Il n'est plus nécessaire aujourd'hui de faire ressortir les avantages de la méthode graphique dans les sciences expérimentales. Le développement rapide que l'emploi de cette méthode a pris, depuis quelques années, montre que tout le monde a compris quels services elle peut rendre partout où elle est applicable ; aussi, la voit-on s'introduire peu à peu dans toutes les branches de la science. L'exposition de certains résultats numériques n'exige plus de longues pages de chiffres : la construction de quelques courbes sur le papier dégage d'une statistique ou d'une observation tous les résultats qu'elle contient. Mais l'importance de la méthode graphique est plus grande encore lorsque, au moyen d'appareils inscripteurs, elle nous livre directement la courbe du phéno-

mè
aut
phi
cha
et d
beau
résu
cher
thode
porta

Le
loppe
scienc
mènes
sont a

Une
leurs d
appare
ticulier
ment s
au déve
nombre
paraît é
à la scie
une *sort*
constitue
milaires
appareils
mènes d
instrume
cien, le p
me dissim
de *ce gen*
ter, mais,
complète,

L'*ordre*

ant conduire, par un enchaînement naturel, des phéno-
ènes les plus simples aux plus compliqués, nous examine-
ons d'abord les applications de la méthode graphique aux
rénomènes mécaniques.

Lorsqu'on observe le mouvement d'un corps, on n'arrive
is, du premier coup, à la connaissance parfaite du phéno-
ène qui s'accomplit. Ce qui frappe d'abord, c'est le *déplace-
ent* proprement dit, avec son *étendue* : le corps occupait un
int de l'espace, il en occupe un autre. Ces *relations d'espace*
uvent être plus ou moins complexes; ainsi, la détermina-
n d'une série de positions que le corps a occupées nous
nne la trajectoire parcourue ; celle-ci peut, à son tour, être
ctiligne ou curviligne, inscrite ou non dans un plan, etc.

A ces premières connaissances viennent s'en ajouter de
uvelles, lorsqu'intervient la notion de *rapports du temps à
space ;* de cette relation se déduisent : les durées, les vi-
ses, l'uniformité ou les variations du mouvement qu'on
serve.

Ce n'est pas tout encore ; le mouvement d'un objet maté-
l exige, pour se produire, une quantité de force dont la
sure est *le travail mécanique* dépensé. Mais, pour produire
même mouvement, il faudra dépenser des quantités de
ce différentes suivant la masse du corps déplacé, suivant
vitesse et suivant le milieu dans lequel il se meut. On
elle *résistance* la consommation de force à chaque élé-
nt de l'espace parcouru ; *le travail* sera donc le produit
a résistance multipliée par l'espace. Enfin, pour savoir si
travail s'est dépensé d'une façon uniforme ou variée, il
dra déterminer *la triple relation* de l'espace, du temps et
a force.

n voit déjà que les difficultés s'accroissent à mesure qu'on
t mieux connaître la nature d'un phénomène mécanique,
ous n'avons encore parlé que des obstacles qui tiennent
complexité des notions dont le concours est nécessaire.
sera-ce quand chacune des mesures d'espace, de temps

12

ou
C
te
di
lo
nc

m
de
tr

ap
le
m
pl

PREMIÈRE PARTIE.

OMÈNES MÉCANIQUES.

- Tracé des relations d'espace.

— Machine inscrivant ses mouvements. — Verges de ces de Kœnig et de Lissajoux. — Pantographe — Trans- nents à distance.

nt lumineux se déplace avec vitesse, il laisse une trace brillante ; tantôt, c'est une traînée ne celle qui persiste quelque temps dans le ssage d'un bolide ; tantôt c'est notre œil lui- e quelques instants la sensation de l'éclat qui lueur, réelle ou subjective, nous montre, dans le chemin parcouru par un charbon ardent le nous révèle la marche en zig-zag de l'éclair, doute, qui a inspiré à l'homme l'idée d'expri- ìgure plane la trajectoire apparente des corps nt. Cette expression du mouvement est iden- le la forme matérielle des corps ; au reste, ces de mouvement et de forme, sont connexes dans gne droite n'est-elle pas définie le *chemin* le plus int à un autre ? La géométrie n'enseigne-t-elle conférence du cercle est engendrée par le *mouve-* oint qui reste toujours à la même distance d'un mmobile qui est le centre ? Enfin, l'artiste qui re-



pr
les

cil
ég
la
fac

sei
ve
fai
suf
I
à l.
for
jus
cet
une
rête
I
une
app
un
un
figu
exp
et
circ
gra
n'es
pré
aju
les

(1)
mou
tons
mettr
plaça
papie
Des c

u'on veut connaître n'est pas toujours
it sur le papier avec ses dimensions
tit, il faut le grandir pour que sa trace
grand, il doit être réduit pour tenir
papier (1). Les procédés d'amplifica-
ont nombreux ; ils dérivent, pour la plu-
géométriques du levier, comme cela se
raphe. L'amplification ou la réduction
ut se faire également au moyen d'engre-

rands obstacles à l'emploi de la méthode
dier les déplacements d'un corps, c'est la
, presque toujours, à fixer à ce corps un
surtout à placer une feuille de papier de fa-
le tracé du style. Aussi, est-il indispensable
de transmettre le mouvement à distance,
organe qu'on étudie pour l'envoyer au style
sur le papier. C'est par des tubes à air que
ransmissions les plus satisfaisantes.
qui se prête à la plupart des expériences con-
deux *tambours à levier* (2) dont l'un reçoit le
dis que l'autre le trace.

uels, on eut amené le pinceau à ne plus tracer qu'une figure
ment réduite ; les oscillations de la machine étaient alors
rimées.

es fournissent naturellement leur expression graphique. Les
es pieds des chevaux, laissent sur le terrain la trace de leur
s naturalistes ont utilisé ces empreintes pour étudier les dif-
e locomotion. Ainsi, les insectes ou les oiseaux, quand on les
surface convenablement sensibilisée, laissent des traces fort
ions successives que leurs pattes ont occupées. Les animaux
nt la route qu'ils ont parcourue. L'un des meilleurs moyens,
s empreintes, consiste à placer l'animal sur une feuille de pa-
e noir de fumée que l'on fixe avec un vernis quand il a reçu
procédé remplace avantageusement celui qui consiste à en-
es de l'animal avec une substance colorante ; cette couleur, en
bien vite et les tracés ne tardent pas à perdre leur netteté.

bours sont formés chacun d'une caisse métallique fermée en haut
brane de caoutchouc mince et très-peu tendue. Les deux tambours
un tube métallique qui s'ouvre à leur intérieur et s'adapte à un
utchouc qui les fait communiquer l'un avec l'autre. Si l'on appuie
ane du premier tambour, on expulse une partie de l'air qu'il con-
ir passe à travers le tube dans le 2e tambour dont il soulève la

13

me
que
qui
insc



Fig. 67.

Il *suffit*
le mouvem
disposé con
par en *haut*
et d'autre pa
tient *à la* m
traction du *fi*

membrane. Quan
2e s'abaisse. *C'est*
transmettre un m
membranes *un dis*
de ses extrémités,
articulation *permet*

Or, *si l'on* impri
l'intermédiaire du *d*
membrane du tamb
mais de sens invers
plume qui *trace sur*

ève, le ressort spiral fera remonter le levier et oujours tendu. Tous ces mouvements seront ré- evier inscripteur, mais en sens inverse : l'éléva- er provoquant la descente de l'autre (1). Il est e, dans un grand nombre de cas, de transmettre ive ment par un simple fil que l'on peut, suivant endre plus ou moins long.

ion d'un mouvement rectiligne peut seule être is ces conditions ; elle présenterait peu d'intérêt part des cas, mais en combinant l'emploi de deux tambour à leviers conjugués, on peut obtenir la ouvement quelconque, pourvu qu'il se produise m . Cette méthode, que j'ai souvent utilisée moi- basée sur ce principe ; que tout mouvement qui se s un plan peut-être considéré comme formé par ivements rectilignes perpendiculaires l'un à l'autre.

e Wheatstone, adaptant à l'extrémité d'une verge vi- e petite sphère brillante, montra que l'œil perçoit des ui varient suivant le rapport de fréquence de deux or- vibrations produites dans deux plans perpendiculaires autre, l'illustre physicien anglais ouvrit à la méthode ue une voie nouvelle. Bientôt en effet Kœnig, armant es de Wheatstone d'un style écrivant, recueillit le tracé s parcours dans les conditions les plus compliquées. verges sont des tiges rectangulaires qui, suivant l'épais- d'elles présentent dans les deux sens, peuvent exé- les vibrations de nombre égal ou de nombres différents un sens et dans l'autre.

s tard, Lissajoux rendit le phénomène plus facile à rendre en construisant une machine qui, au moyen d'en- ges, communique à une pointe écrivante deux mouve- s rectilignes, perpendiculaires l'un à l'autre. L'appareil issajoux permet de régler à volonté le rapport de fréquence deux mouvements rectangulaires imprimés au style. En ant fonctionner la machine avec lenteur, on voit comment irconférence d'un cercle est engendrée par deux oscillations chrones ayant la même amplitude ; comment l'inégalité

(1) S l'on veut que les deux leviers exécutent des mouvements de même s, il suffit de retourner un des deux appareils.

e
n
p
le
la
ci
se
pa
gr

Fig. 68.
versale
Ligne
de 1 à 9
Ligne
quinte.
Ligne

Qu'on
ordres

l'on obtiendra toutes les figures possibles car, ainsi que nous disions tout à l'heure, *toute figure susceptible d'être inscrite ns un plan peut-être engendrée par la combinaison de deux uvements rectilignes perpendiculaires l'un à l'autre.*

Puisqu'il en est ainsi, ne peut-on transmettre à distance un uvement quelconque, en imprimant à la pointe écrivante deux mouvements que le corps étudié exécute suivant un n. Le mode de transmission par l'air se prête fort bien à te inscription. Il m'a servi, dans un cas où il s'agissait de erminer le mouvement que l'aile d'un oiseau exécute autour l'articulation de l'épaule pendant le vol (1).

Enfin, comme la disposition la plus commode est celle que résente la fig. 67 et par laquelle il suffit d'attacher un fil corps mobile pour transmettre les mouvements qui se prosent suivant la direction de ce fil, j'ai essayé de réaliser ansmission d'un mouvement dans ces conditions simplis (2).

'expérience qui consistait à inscrire la trajectoire de l'aile oiseau nécessitait la construction d'un appareil spécial. Il t besoin, avec la disposition nouvelle, que de plusieurs bours à levier, pareils à celui qui est représenté dans la e 17 et que l'on combine entre eux de la manière suie, figure 69.

ous le nom de *pantographe à transmission*, je désigne l'asblage de quatre tambours à leviers conjugués répartis en groupes.

premier groupe de deux tambours forme l'appareil *explorateur* du mouvement ; le second l'appareil récepteur. On indifféremment prendre comme explorateur l'un quelle de ces deux groupes ; dans la description de l'expé nous supposerons que c'est le groupe de gauche qui a fonction.

quatre tambours à levier sont disposés sur un support, le façon que leurs membranes soient dans un plan ver. En outre, les leviers des deux instruments d'un même

(1) On trouvera la description de l'expérience et de l'appareil (*Bibl. des hautes études*, t. I, 1869, p. 228, et *la Machine animale*, p. 244).
(2) *Hautes études*, t. V, p. 39.

18

gi
u

zc
er
qu
qu
ve

ta
ge
pc
ri
du

su
la

II. — Chronographie.

ons des relations de temps. — Chronomètres. — Pointage sur un papier i se déplace. — Cylindres tournants et régulateurs. — Contrôle du mouvement d'un cylindre au moyen du diapason. — Transmission des indications chronographiques. — Imperfection des signaux. — Signaux électriques. Signaux à air.

our l'estimation des phénomènes de courte durée, l'em- des chronomètres les plus parfaits trouve sa limite ique dans l'insuffisance de nos sens. Si l'aiguille d'un es instruments parcourt le cadran, en s'arrêtant à toutes secondes ou à tous les quarts de seconde, on a peine à nnaître la position exacte qu'elle occupe au début et à la l'un phénomène ; une erreur d'un quart de seconde est s très-facile à commettre. On doit donc considérer comme progrès notable l'emploi du chronomètre à pointage : l'ai- le, chargée d'encre à sa pointe, s'applique contre le ca- par la pression d'une détente et laisse la trace de la po- n qu'elle occupait à un premier instant ; si l'on provoque second pointage à la fin du phénomène, on trouve sur le an deux points séparés l'un de l'autre par un nombre ivisions qui mesure le temps écoulé.

ais, si le temps à mesurer excédait un tour de cadran, orrespondait à un grand nombre de minutes par exemple, isquerait de commettre une erreur sur ce nombre. Le tage du temps doit alors se faire sur un papier qui ine avec une vitesse connue, et dont la longueur soit grande (1).

a difficulté principale, dans ces mesures graphiques du s, c'est d'avoir, pour y pointer les signaux, une surface ée d'une vitesse parfaitement régulière ou parfaitement ue. Pour obtenir l'uniformité parfaite des mouvements

(1) C'est ainsi qu'Eytelwein, voulant compter le nombre de coups frappés temps donné par un bélier hydraulique, fit défiler, au moyen d'un une longue bande de papier sur laquelle chaque coup venait laisser e. On pouvait lire, à la fin de l'expérience, le nombre de coups de frappés, en une heure ou en une minute, si la vitesse de translation xactement connue.

d'horlogerie, on se
simples est celui de F
uniforme et comme
relativement facile d
temps qui sépare de
ceau semble plus p
celui de pouvoir pre
au double, suivant
Enfin, Helmholtz
paraît-il, est égale

Fig. 70. — Mou
à faire

Chrono
qu'il est
en pratiq
d'un *chr*
Thom

nant les vibrations d'une verge métallique munie d'un léger; puisque ces mouvements sont isochrones, cha- des ondulations tracées sur le cylindre correspond à division du temps toujours égale à elle-même. Du- l employa le diapason au même usage; ce fut un nou- progrès dans la chronographie. On peut, en effet, savoir une exactit de extrême le nombre de vibrations qu'un on exécut e en une seconde; cela tient à la précision laquelle on compare entre eux et on règle ces ins- ts : soit par la méthode optique de Lissajoux, soit méthode acoustique (méthode des sons résultants) de (1).



Fig. 71. — Tracés d'un diapason chronographe.

it l'approximation avec laquelle on veut mesurer le ; surtout suivant la vitesse du cylindre sur lequel les signaux, on doit prendre des diapasons dont res varient. Les diapasons de 50 à 500 vibrations de sont les plus fréquemment employés. Quelque- t avoir des divisions du temps plus grandes; le seconde exige des instruments en général assez et encombrants.

as de commodité, on peut recourir à la méthode n indirecte des vibrations (fig. 72): On suspend, en uelconque, le diapason dont une des branches rseur relié, au moyen d'une bielle, avec la mem- tambour à air; celui-ci communique par un tube nbour à levier qui trace sur le cylindre une ondu- haque vibration du diapason.

upart des cas, il est assez incommode de tracer les mouvements d'un diapason quelconque, d un grand nombre d'autres signaux doivent n même temps. Pour parer à cet inconvénient,

'a fait constater, par la méthode des battements, le parfait ns qui donnaient plus de 20,000 vibrations doubles par se-

j'ai construit un app
et qui consiste en u
pason entretenu pa



Fig. 72. — Dia
10 vibrations
disposé pou
ses vibration
bour à levie



Fig. - 7

blabl
chro

pre le courant de la pile. Après avoir traversé l'inter-
eur, le fil électrique s'accole à l'autre fil de la pile et tous
x, isolés l'un de l'autre, cheminent dans un cable flexible,
ètrent dans le manche du chronographe et se terminent
un dans l'un des bouts de la bobine électro-magnétique
l'action entretient les vibrations du style écrivant.

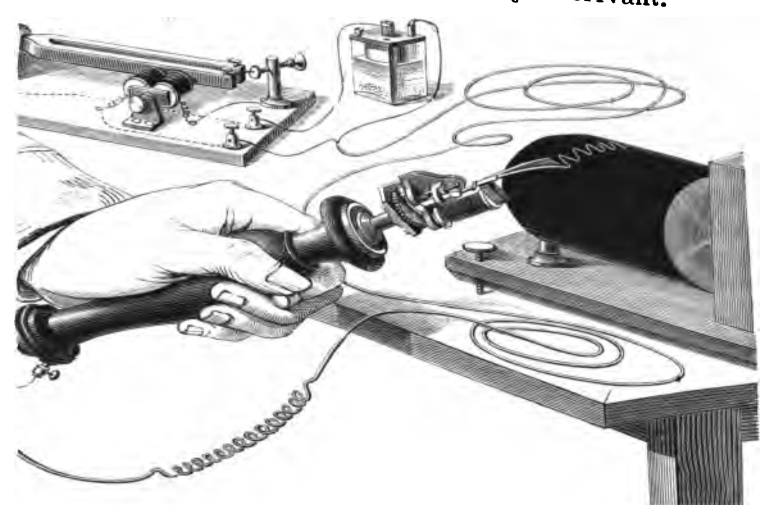


Fig. 73. — Chronographe tenu à la main et donnant continuellement 100 vibrations doubles par seconde.

ppareil est réglé de façon que le style du chrono-
ait des vibrations propres de même nombre que celles
ason, aussitôt que le circuit de la pile est fermé, on
tyle du chronographe vibrer à l'unisson ; mais si le
chronographe n'est pas soigneusement accordé pour
re de vibrations que le diapason exécute, celui-ci
ıl. Il suffit alors d'un léger tâtonnement pour amener,
n de la vis de réglage, le style au nombre voulu de
s ; aussitôt on le voit entrer en mouvement, et ses
s durent tant que la pile conserve une énergie suffi-
est-à-dire indéfiniment.
me chronographe peut donner, à volonté, différents
de vibrations par seconde ; il faut alors prendre

co
ob
en

no
au
le
cel
I
d'u
mê
rec
fois
de c
non
brat
cond
qui c

De
mesu
grand
le com
ont re
phéno
tarde
pondre
pour c
d'un in
dans l
tomati
canique
Les
grâce à
où le p
Ils prés
produire
fermer
soient p

; toujours croissantes de l'expérimen-
ré que l'inscription électrique, quel que
é, était encore imparfaite. M. Marcel
perfectionner les appareils électriques
naux et est arrivé à des résultats d'une
).

gnaux plus nets, M. Deprès s'est servi
s'attachant à combattre les deux in-
l'instantanéité de leurs signaux, c'est-
mature et la durée des phases d'ai-
nantation.

bobines électro-magnétiques qui, au
sse, attirent le fer doux placé au-dessus
tyle écrivant, de manière à tracer la li-
re ; dès que le courant sera rompu, un
vera le levier qui tracera la ligne su-
chaine clôture du courant de pile. Ces
et d'abaissement de la ligne tracée
r des ascensions verticales, si l'on re-

ire ressortir les imperfections de certains signaux
nt, par exemple, au moyen de l'électrolyse,
, frottant sur un papier humide et imprégné de
se une trace colorée des instants où un cou-
gnaux sont incapables de marquer avec exacti-
d'un phénomène, à cause des traces vagues e
papier.

, sur un cylindre qui tourne avec une rapidité
où le projectile passe au travers d'une série de
les uns des autres. On s'est servi jusqu'ici,
l'étincelle de fortes bobines d'induction que
ite métallique et un cylindre argenté recouvert
, provoquée à chaque passage du projectile à
fils d'un circuit de pile, n'éclate pas suivant la
ylindre, mais se dévie en divers sens, suivant
leure conductibilité dans la petite couche d'air.
ns les cas où la pointe métallique touche le
sur sa surface, on n'est pas à l'abri de ces
théorique et appliquée, t. IV, nº 38, p. 39.)
machine d'induction n'est pas simple, ainsi
océdé de Donders * et que, sur la surface du
ne série de traces multiples qui gênent l'esti-
nal.

, p. 292.

1·
c
r
d
u
s

il
c

re autant que possible, afin de multiplier le
iaux que l'appareil peut exécuter en un temps

i les signaux devraient se suivre à très-court
ut abréger la durée des périodes de désai-
réaimantation dans les appareils. C'est ce
a réussi à obtenir en perfectionnant les appa-
gnétiques. Ce savant a réduit à $\frac{1}{1000}$ de se-
e la désaimantation et du mouvement qui l'ac-
réduit seulement à $\frac{1}{500}$ de seconde celle de
, de sorte que ses appareils peuvent donner
naux différents en une seconde, avec un seul
en (1). En plaçant dans un circuit dérivé sur
ile une bobine munie d'un fer doux, M. De-
re la durée des signaux (2); il en peut obte-
) par seconde.



naux électriques de M. Deprès; Signaux de cet appareil actionné
rupteur de 500 vibrations simples par seconde. (Héliogravure.)

e grande rapidité dans les signaux, l'auteur diminue con-
e du fer doux qui sera soumis à la traction de l'électro
une légèreté extrême au style, à toutes les pièces enfin,
es de vitesse. D'autre part, il donne une force consi-
doit produire l'arrachement de l'armature au moment de
ressort exerce une traction d'environ deux cents grammes
ne pèse que 120 milligrammes; il s'ensuit que la vitesse
de désaimantation se produit est extrêmement grande.
au bout d'un millimètre de parcours, serait alors de
.)
, aux moments de la rupture et de la clôture des courants
ants qui favorisent la désaimantation et surtout donnent
lité considérable; on peut ainsi augmenter la rapidité des

I
c
i
M
n
e

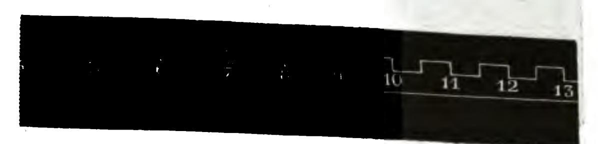
n
p
p
va
n'
ra
co
ra
de
mi

tri
ma

:e dans la détermination absolue d'un *instant*. Nous
ıdrons sur ce sujet dans le prochain chapitre, à propos
pplications de la méthode graphique aux mesures du
.

ıs venons d'examiner les cas où l'on a besoin de mesurer
tervalles de temps extrêmement court ; il en est d'autres,
ıtraire, où la durée des actes qu'il s'agit de déterminer
ısidérable. La méthode graphique se prête également
ces deux sortes de mesures. On peut, pour tous les cas,
ver les mêmes signaux électriques : la rapidité extrême
: fonctionnement, si elle n'est pas nécessaire dans les ex-
ces de longue durée, n'est du moins pas nuisible ; mais
suivant le besoin, changer la vitesse du mouvement
du cylindre et lui faire développer, non plus 4 mètres
ier par seconde, mais 1 centimètre, 1 millimètre et
moins. En effet, certains actes ont une durée si longue,
e leur commencement et leur fin, il s'écoule des mi-
des heures, des jours et plus encore. Rien de plus
que de construire des appareils d'horlogerie qui don-
ı cylindre des mouvements réguliers et très-lents.
plus de sûreté, dans les mesures du temps, il fau-
ı général, contrôler la vitesse du cylindre par un
hronographique. Mais les périodes d'oscillation du
graphe devront être d'autant plus lentes que le cy-
ournera avec moins de vitesse. Quand, par exemple,
ssera que 10 ou 20 centimètres de papier par seconde,
ason qui inscrit 1/10 de seconde sera suffisant. Pour
centimètres à la minute, il suffira de pointer les se-
au moyen d'une horloge dont le balancier rompra et
tour à tour le courant de la pile qui produit les si-
Enfin, pour des rotations plus lentes encore, on ne
plus que les minutes ou les heures, au moyen de dis-
s appropriées.
mme, la méthode graphique, dans les mesures du
'emporte sur toutes les autres ; elle supplée à l'insuf-
les sens dans les mesures d'actes extrêmement brefs,
ience de l'observateur dans la mesure des actes de
urée.

précision encore, on emploierait un s rapide, et l'on inscrirait, à côté du , les vibrations d'un chronographe. le phénomène pourrait ainsi être déter- ractions aussi petites qu'il serait néces- te détermination absolue d'un instant, il du retard des signaux sur l'acte qu'ils



: tracé des secondes, 1, 2, 3, etc., inscrites électriquement. — un phénomène; il se produit à l'instant S.

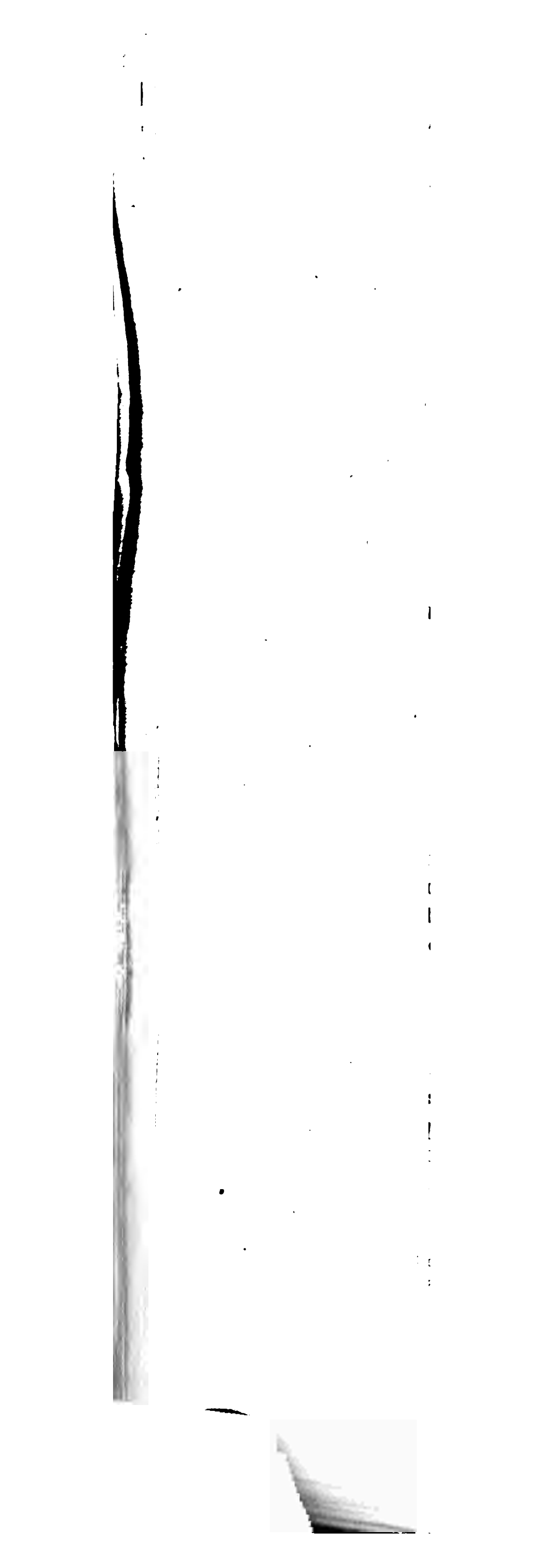
ronomes font une détermination de longi- inscrit électriquement la seconde dans les s à la fois. Le premier observateur signale, emps de cette pendule, l'instant du passage signal s'écrit dans les deux postes en même me observateur signale de la même façon le le au méridien de son observatoire et ce ssi dans les deux postes à la fois. Chaque ssède donc un double tracé : celui des se- loge commune aux deux postes et celui des de passages : l'un fait par lui, l'autre fait par Cet intervalle mesure, en secondes de temps, e longitude des deux postes d'observation.

ne pareille détermination, si les signaux élec- it une erreur absolue de quelques millièmes de importe peu si ce retard est constant. En outre, sont inégaux pour les deux appareils à signaux s les deux postes, la différence qu'ils présentent comparaison de l'erreur qui peut tenir à la diffé- *quation personnelle* des deux astronomes, c'est-

ue ce retard est négligeable, soit qu'on emploie les signaux élec- l'on se serve de la transmission par l'air à très-courte distance

temps qui sépare les deux signaux mesure le ssaire à parcourir ces longueurs de tube. On en itesse de transmission des signaux à air. 'sse, voisine de celle du son dans l'air, s'en ap- tant plus qu'on emploie des tubes plus larges. bes dont je me sers habituellement (4 milli- amètre), elle se réduit à 280 mètres par seconde. fois qu'on emploie deux appareils à signaux l'air, il est bon de donner la même longueur aux smission : cela permet, en uniformisant le retard, entièrement dans les déterminations de syn- t de durée.

gnaux électriques. — Helmholtz a imaginé une rmet d'estimer, avec une précision extrême, le aal électrique. A cet effet, il faut, sur le cylin- r la position où le signal aurait lieu s'il n'y ırd, et la comparer à celle que le signal occupe dispose l'expérience de telle sorte que le cy- ·, à un certain moment de sa rotation, rompe rant électrique qui provoque le signal. nière expérience, on fait tourner le cylindre r extrême au moment où va se produire le ·. Dès lors, la vitesse du cylindre pouvant omme nulle, le signal ne subira aucun dé- une autre expérience, on donne au cylindre otatif et l'on fait inscrire le signal. Le tracé, e cas, se trouve inscrit un peu plus loin is, ce qui tient à ce que, depuis le moment ourant de pile s'est faite jusqu'à celui où rit, le cylindre a tourné d'une certaine ntité, mesurée au chronographe, donne d du signal. ·ès a déterminé, par une méthode ana- mantation et le retard de désaimantation signaux électriques. Pour cela, il a es fonds du cylindre tournant un secteur Deux frotteurs métalliques, en contact lindre, ferment le courant tant qu'ils



stre qui amène, en face de l'étoile ob-
e deux lieux différents.
ermine le temps qui s'écoule entre les
u travers de deux cibles successives,
e d'un intervalle connu, et de cette
esse du projectile.
a servi à estimer la vitesse plus mo-
s à travers les tubes (voy. mémoire III,
surant le temps qui s'écoule entre les
e cette onde en deux points du tube
rvalle.
mémoire VI, fig. 120), ayant à déter-
ire l'abaissement de l'aile d'un oiseau
vitesse de sa translation horizontale,
re du temps qui séparait deux signaux
début de l'abaissement de l'aile, tandis
ait la fin.
les plus difficiles qu'on ait à faire en
a durée d'un choc (1). On verra, à pro-
itesses, un procédé qui permet la solu-

méthode graphique qu'on doit les belles
oltz sur la détermination du temps qui
ion électrique d'un muscle et l'apparition
ué. C'est encore à cette méthode qu'est
itesse de l'agent nerveux moteur. Dans
, l'organe est excité à un moment connu
dre et le signal s'écrit un certain temps

u *temps perdu* d'un muscle, c'est-à-dire
ment sur l'excitation qui le provoque,
suffit.
du temps qu'emploie l'agent nerveux à
ne longueur de nerf, deux expériences
80) : l'une donne le retard du mouvement

its au moyen de la méthode de Pouillet, c'est-à-dire
le l'aiguille d'un galvanomètre qui traverse un courant
où le corps choquant et le corps choqué sont en con-
nous occuper de cette méthode peu précise.



sur
du
se p
du
une

Fig.
e,
prè
au
ner

T
app
de
aux
cati
mir

C
avc
tho
de
ten
que
une
A
con

(1)
natu

ıt de phénomènes qu'il y a de styles

rs superposés que, Chauveau et moi, ervalle qui sépare la systole des oreil-ricules du cœur, ainsi que la coïnci-ystole ventriculaire avec la pulsation de la même manière, les intervalles ıts d'apparition du pouls dans les diffé-nme ou d'un animal.

s, les tracés obtenus (voy. fig. 12, p. 25) ıaler l'instant d'apparition des diffé-servés. Ces tracés renfermaient des utre ordre, relatifs à l'énergie et aux uvement de chaque cavité du cœur; aussi ces expériences, à propos de l'étude des ıt dits (1).

ppuis et levés des pieds, dans la marche ıt dans les allures si variées des quadru-à déterminer par l'observation directe. ent étudié cette question s'étaient servi ;oustiques, renonçant à juger au moyen le succession de mouvements.

ique m'a fourni très-simplement la solu-Deux styles inscripteurs pour l'homme, rupèdes, traçaient, sur un cylindre en-uvements d'un pied, c'est-à-dire l'instant ol et celui où il se soulève (2). Les signaux

x à air présente, dans certains cas, une supériorité mar-x électriques ; c'est lorsqu'il s'agit d'inscrire un acte faible pour mettre en mouvement un interrupteur élec-rait, en effet, de n'agir qu'au moment où le mouvement ébut aurait acquis une énergie suffisante pour rompre pourrait donc amener un retard du signal sur le début n'en suis aperçu, bien des fois, dans les premières ten-ur étudier avec des appareils électriques la succession r.

animale, p. 117.



étai
été
qua
Pou
une
tam
trée

Fig.
la

C
piec
sen
piec
J
les
dan
app
rieu
Da
san
me
l'au

Fig.
bla
les
en

I
not

es appuis successifs des deux pieds, le suspendu sans appui.

nt la même méthode expérimentale à la llures du cheval, on obtient une série de qui dérivent les uns des autres. Pour

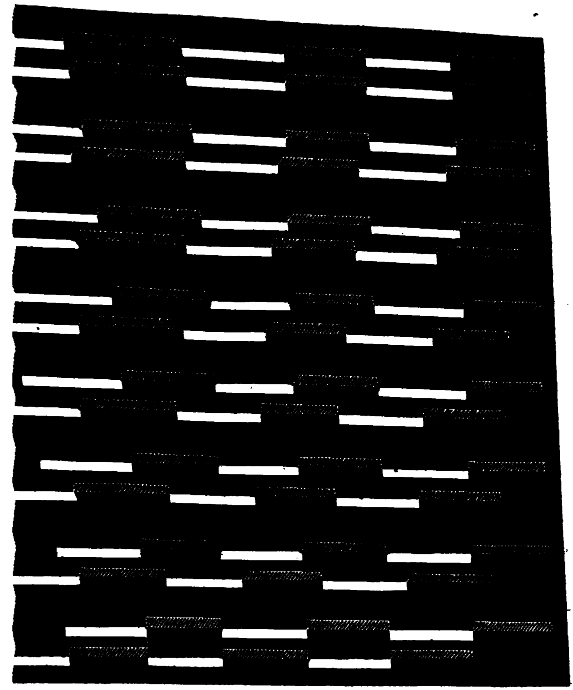


Fig. 83. — Notation des allures du cheval.

(tous les auteurs).
rompu (MERCHE).
levé (BOULEY).
rdinaire du cheval d'allure (MA-
IE).
le rompu (BOULEY).
juenard (LECOQ).

N° 4 Pas normal (LECOQ).
N° 5 Pas normal (BOULEY, VINCENT, GOIFFON, SOLEYSELL, COLIN, etc.)
N° 6 Pas normal (RAABE).
N° 7 Trot décousu.
N° 8 Trot ordinaire.

prendre la formation, il faut, avec Dugès, considérer adrupède comme formé de deux êtres bipèdes marchant errière l'autre. La notation des allures du cheval est

formé
ligne:
devai
Hu
les ui
nonce
mier
pied
d'arr
n° 2,
un ir
une a
et ai
quell
le *pie*
Je
faites
de m
termi
Ce
dans
il ret
quitt

Qu
mal
nous
droit

(1) V
(2) S
cerais
légers
geraie
il sera
ouvre
quer l

la fréquence et de la régularité d'actes

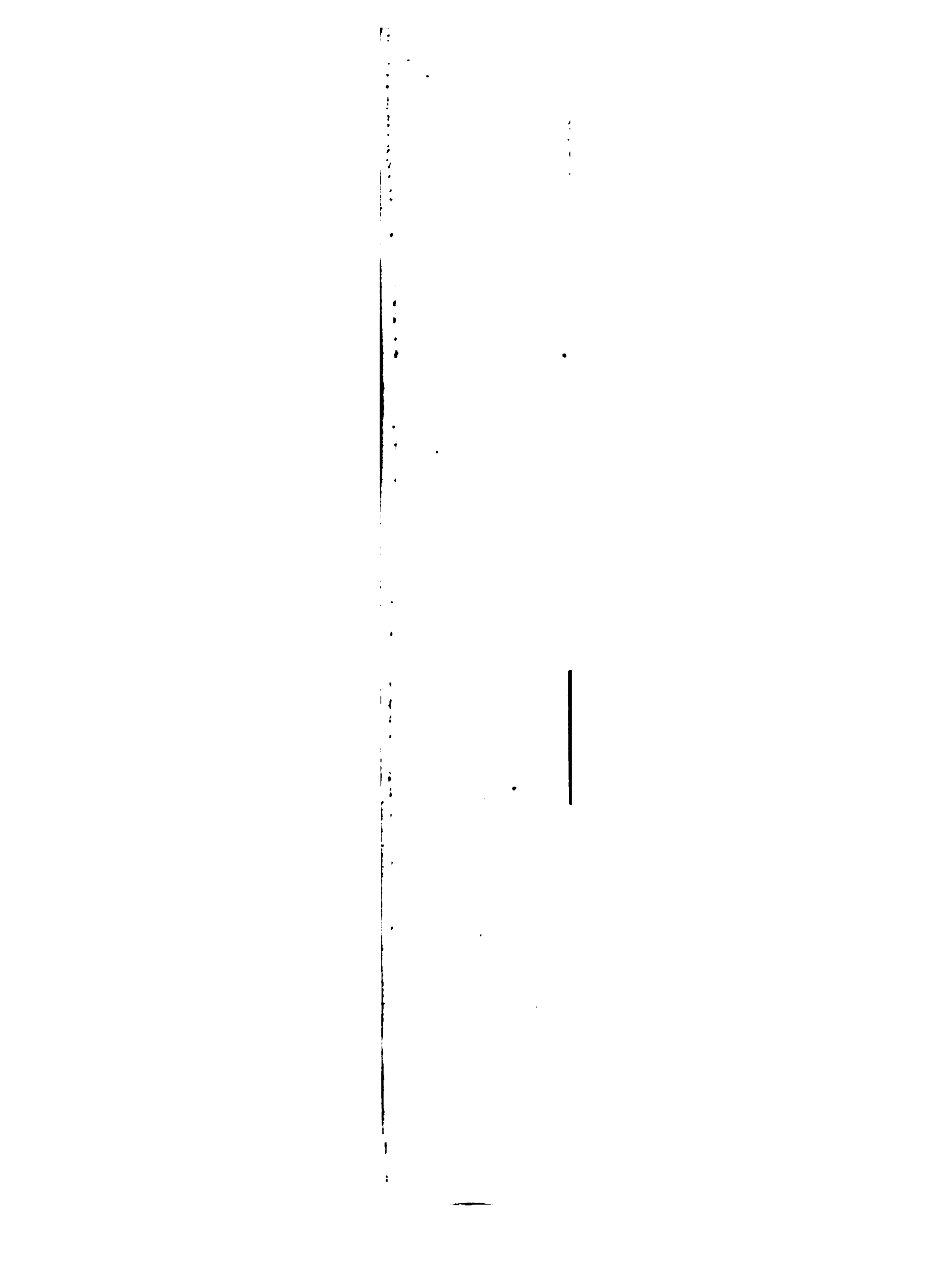
omment Eytelwein a déterminé, le pre-
coups d'un bélier hydraulique. La même
toute espèce de phénomènes, et la pré-
eindre dans ce genre de déterminations
oint de limite. Tout dépend de l'approxi-
e on évalue, en temps, la valeur des
ent les signaux enregistrés.

exemples précédents, supposons que
nalé sur un cylindre à rotation rapide, à
n chronographe; la durée d'un pas se
e des vibrations auxquelles il correspond.
pas s'estimera d'après la durée de chacun.
la même manière le nombre des pulsations
ouvements respiratoires qui s'accomplissent
Cette estimation des fréquences pourra
é- phénomènes extrêmement rapides. Ainsi, on
ment le nombre des vibrations d'un diapason
munissant d'un style et en le faisant écrire à
graphe ou d'un signal des secondes, ou bien
e diapason dont le nombre de vibrations soit

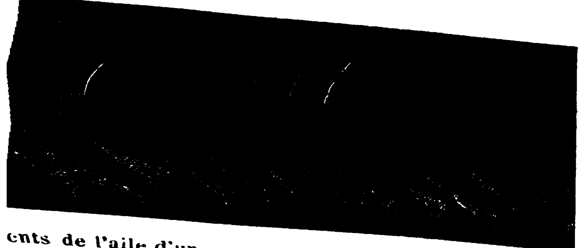
ié graphiquement la fréquence des battements
ents insectes, en faisant tracer leurs ailes à côté
chronographe (1). Prenons (fig. 85), une ou-
npas égale à 25 vibrations du chronographe, ce
d à 1/10 de seconde, et portons cette ouverture
des coups d'aile, nous voyons que 6 coups

ut véritable de ces expériences, on pourrait l'obtenir directement
ion suivante. Les styles des signaux électriques seraient dis-
t séries de lignes parallèles, comme celles qui constituent la
notation des allures. Chacun des styles, terminé par un
bec comme une plume rognée, tracerait les signaux en venant
papier au moment de l'appui du pied, et en s'éloignant du
ant du levé. Enfin, la forme des styles donnerait des tracés
r le pied droit et pour le pied gauche. La notation d'une allure
ainsi tracée directement dans des conditions très-simples et plus
re que dans mes premières expériences.

(1) *Machine animale*, p. 187.

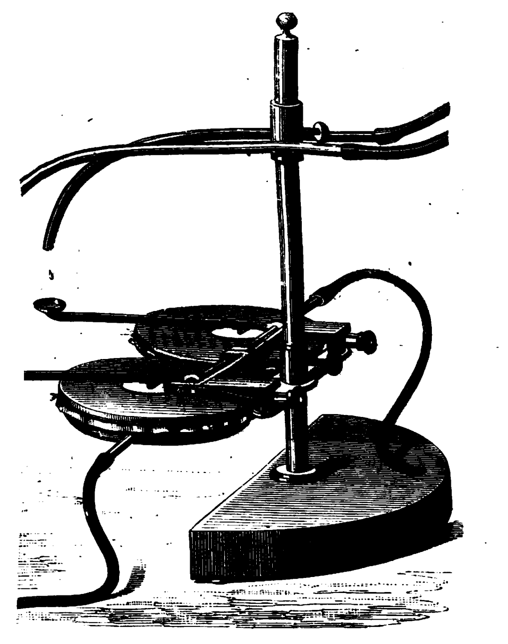


le sécrété par les deux glandes dont on



cnts de l'aile d'un macroglosse : 50 par seconde.

ction (rein, parotides) ; le liquide tombe



ımpte-gouttes inscripteur pour estimer la rapidité des sécrétions.

e par les tubes ; l'un versant le produit de la

16
g
g
d
n
te
q

p
to
d

F

c
I
c
t

F

c
l
u
s
I

é *des phénomènes et de leur rhythme.* — valles qui séparent une série de signaux etour de chacun des phénomènes corres- non à intervalles réguliers. L'appréciation eille matière, est très-infidèle. Que de fois, e pouls d'un malade, n'ai-je pas cru à régularité parfaite, tandis que l'irrégularité pareils inscripteurs? Pour estimer la régu- arité des intervalles qui séparent une série s, on mesure au moyen du chronographe séparé leurs signaux. Plus on veut obtenir ns cette mesure, plus le cylindre doit tourner t plus aussi le chronographe doit donner des pides.

hénomènes physiologiques, on n'a pas toujours nesures très-délicates. L'inscription du pouls, er qui chemine avec une vitesse d'un demi-centi- seconde, suffit pour signaler des irrégularités qui au toucher. Ainsi, dans le tracé (fig. 91), il n'est pas mployer le chronographe pour constater l'irrégula- tervalles qui séparent les pulsations. Tout le monde, ection de cette figure, verra qu'à certains instants ions duraient plus longtemps que 3 pulsations à l'in- ivant.

perfection n'est pas aussi grande pour tous nos sens que e tact ; l'oreille est habituellement plus exercée à la me- es intervalles de temps, de sorte que, si l'on se servait pulsations artérielles pour provoquer une série de bruits, gularité deviendrait beaucoup plus apparente. Mais aucun en ne peut suppléer à la chronographie, quand on veut enir des mesures tout à fait précises.

On estime de la même façon la régularité ou l'irrégularité s mouvements respiratoires, celle des mouvements de locomotion de l'homme ou des animaux. Il n'y a rien de articulier à dire sur le mode d'expérience usité en pareil as ; le lecteur a déjà vu comment on procède pour obtenir un signal à chacun des pas ; nous dirons, en temps et lieu, comment on inscrit les mouvements respiratoires.

La chronographie trouve ses applications les plus nom-

Fig. 91. — **Pouls irrégulier inscrit avec le sphygmographe à transmission (Héliogravure).**

met de saisir un élément fort important, ythme que les irrégularités affectent dans à encore un point sur lequel nos sens nous l. Pour peu que la période qui règle les re- rhythme soit longue et compliquée, elle souvenir fugitif des intervalles qu'on a ob- nous ne reconnaissons plus le retour d'une il vient à se reproduire.



a chronographe de 100 vibrations doubles obtenues à deux tours différents du cylindre.

ignaux placés sur le papier se représentent à nos façon précise ; la vue embrasse une assez grande tracé pour saisir le retour périodique de certaines és, et quand la périodicité est bien constatée, elle sur la voie de nouvelles recherches relativement à qui l'a produite. Ainsi, en se reportant à la figure 93, ue la période qui ramène un même type de pulsation nd à dix battements du cœur. Tout le monde sait que ments du cœur d'un chien sont irréguliers ; sait-on ien que cette irrégularité est périodique ? La méthode que fait saisir, au premier coup d'œil, cette périodi- lle nous montre en outre que le retour de chaque pé- est lié à certaines phases de la respiration.



Fig. 93. — Pulsation du cœur du chien ; irregularités périodiques.

ans certains états séniles, le pouls présente une irrégula-

1(

ri
fo
la
qu

la
de

lo
ri
to
le
gr

(
ap
qu
sa



V

.NATOMIE ET LA PHYSIOLOGIE DES
3CULAIRES DE LA TÊTE.

)r FRANÇOIS-FRANCK.

gine des nerfs crâniens, on trouve des branches
ent être considérées comme branches d'origine
sympathique.

Cl. BERNARD. *Syst. nerv.*, II, p. 9.

NTRODUCTION.

ıe suis proposé de rapprocher l'inner-
ı tête de l'innervation vasculaire des
·e, mieux connue, servant de point de

ıer les documents les plus probants
roposition que la règle est la même
a tête et pour les vaisseaux des mem-
res étant innervés par des filets pro-
glionnaire et par des nerfs cérébro-ra-
ıent avec eux dans une région donnée.
ı semblé consister en ce que, les nerfs
les nerfs rachidiens dissociés, les filets
nissent sont aussi plus divisés et plus
·ra que, malgré cette complication dans
possible de ramener la provenance des

nerfs vascu
des membr
ou plexus
sensitifs,
Il m'a p
des élém
rachidien
rien appr
Pour
consacre
sur la n
pas à p
œuvre
tion pa
quant
même
Si j
pour
vu ob
déme
et la
régi
se r
inte
imp
rie
tio
né
so
m

te
d

›ujours ingrate, fort délicate parfois ;
pu prendre pour rassembler mes maté-
fisamment compensée si je suis arrivé à
faits utiles à connaître, quelque minime
l'anatomie et à la physiologie de l'inner-
es maîtres dont je commente les opi-
oir dans la discussion de leurs travaux
herche d'une vérité souvent bien diffi-

sprit ce travail était conçu ; je n'ai plus
été inspiré par mon excellent maître, le
quel j'ai donné un bien faible témoignage
e en lui dédiant ma première œuvre.

plan de ce travail :
le sommaire de l'innervation vasculaire,
e distribuent les nerfs rachidiens.
le plus détaillée des nerfs vasculaires pour
ns de la face et du crâne ; revue des
physiologie qui s'y rapportent.
ai de rapprochement entre les nerfs vascu-
les nerfs vasculaires crâniens, fondé sur
le du crâne, sur l'assimilation des nerfs
s rachidiennes ; enfin sur quelques consi-
logie et d'anatomie comparée.

I. —

Le systè
grand nom
mais ces
tème céré

(1) L'une
par Wrisber
Pour leur
belhere der
Burggræ
Schlemm
Henle, A
Kölliker,
Mikrosko
statée sur
mammifèr
Weir
artérielle
Recher
Robin,
des fibre
Arnold
Frank
Reale
points).
Héno
point q
Enge
Legr
fibres

ɜux catégories se confondent à la surface des parois vasculaires ; c'est eux que ıling, sous le nom de vaso-moteurs, terme indiquer leur rôle général, assez vague oint préciser dans quel sens les uns et les ᵋ. Jusqu'à l'époque récente où la dilata- ve s'est introduite en physiologie, vaso- ıonyme de vaso-constricteur ; aujourd'hui ont été reconnus comme déterminant la ire, le terme est encore excellent, car il ux nerfs vaso-dilatateurs ; ceci dit sans pré- mode d'action de ces derniers, ni de la ɔnnelle, admise par quelques-uns, entre les ıres et les filets cérébro-rachidiens. ɩpendant le qualificatif *vasculaire* qui indique stination de ces nerfs, sans impliquer la no- ue.

ı la plus fine, celle qu'on fait sous l'eau, avec ɘ permet d'établir aucune différence entre les ɘ filets vasculaires : on arrive, par ce procédé, k enchevêtrés dans lesquels apparaissent de ents probablement ganglionnaires ; mais il est distinguer les filets sympathiques proprement ,s cérébro-rachidiens ; d'y suivre, au delà des nerfs qu'on a conduits avec le scalpel jusqu'à la du vaisseau.

ɟie n'a point distingué ces nerfs les uns des autres ; appris seulement (et c'est déjà beaucoup, comme on and je rappellerai les théories vaso-dilatatrices), que ısculaires, anastomosés entre eux, aboutissaient les autres à des amas cellulaires, au delà desquels nous ssons rien de précis sur leur mode de terminai- ɪpport aux éléments musculaires des vaisseaux. Il lonc, dans l'épaisseur des vaisseaux contractiles, des anglionnaires, comme ceux d'Auerbach et de Meis- s la paroi intestinale, et la physiologie a tiré parti de ɔns anatomiques pour expliquer, au moins d'une ma- ɾovisoire, l'influence suspensive des vaso-dilatateurs vaso-constricteurs.

(
siv
sar
mo
nei
poi
cal
art
plu
fau
vas
rég
sur

éte
cet
et

la t
sav
pre

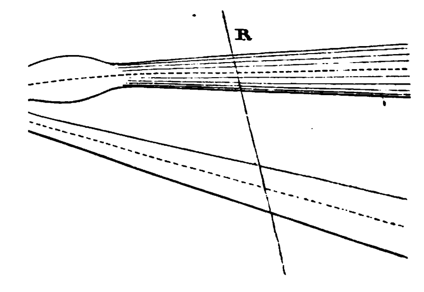
(1
S
H
K
1849
(2
Ana
(3
scap
V
M
H
K
N
G
W

V

ls vasculaires rachidiens.

---

aux nerfs vasculaires rachidiens sont
: propositions suivantes :
nerfs rachidiens contiennent les tubes
se séparent en partie du tronc mixte,
eau communicant, et en partie conti-
e nerf qui les emporte à la périphérie;
reçoit aussi du ganglion.
e sont détachés du nerf mixte. pour



ixte rachidien avec rameau communicant. — Pointillé indi-
mpathiques. — S. Section du rameau communicant. — T.
Section des racines.

communicant, ne se rendent pas tout
n et suivent, quelquefois longtemps, le
avant dè se jeter dans les plexus vascu-
ont affectés. J'emprunte au professeur
nombre des indications que j'utilise dans

Leç. sur vaso-moteurs, 1874.

me

wa
se
mi
ne
de
se
pé

pr
tes
ce
abs
ava
« p
exp
ine
val
ver
par
b)
raci
L
cité
nota
nou
J'
Pflü

(1)
(2)
(3)

(4)
(5)
(6)

ıille, a pu déterminer la contraction des
, au point d'y arrêter complétement la

ıd on coupe, sur un lapin ou un chien,
ɔas, prendront part à la formation du scia-
ertain degré d'échauffement du membre

s rameaux communicants par les racines
pas le passage par les racines postérieures.
très-possible d'assimiler, au point de vue
ɔres sympathiques qui suivent les racines
racines elles-mêmes, et de les considérer,
e centripètes, partant du ganglion de la
ıe pour se porter aux régions postérieures

ation me paraît rendre compte du fait suivant
ıller (2) : il avait sectionné les nerfs rachi-
ɔuille à leur sortie du canal vertébral, et,
ation des branches communicantes au milieu
ées des nerfs rachidiens, il se vit engagé à
tubes respectés par la dégénérescence avaient
ı dans la moelle, mais dans le ganglion dont la
it séparés. Waller alla évidemment trop loin
ısions, et on lui a fait assez souvent le reproche
uniquement sur ces expériences pour admettre
e du grand sympathique ; mais il n'a pu être
de trouver normaux des tubes nerveux en voie
cence. Ce que je croirais plus volontiers, c'est
de la partie au tout, et qu'en effet un certain nom-
communicantes avaient conservé leur structure
es précisément qui sont centripètes, et jouent dans
ınglionnaire le rôle de conducteurs sensitifs, celles
us loin, vont se jeter dans les racines postérieures.
ucteurs centripètes existent bien, en effet, dans le
ıe et si, à l'état normal, nous n'avons pas conscience
actionnement, chacun sait ce qu'il y a des im-

Untersuch...., 2e partie, 1855.
, *Extr. de l'Institut*, no 955. — *In Ann. sc. natur.*, 3e série, vol. XVI, 1851.

1

p
g
p
e
n
U
le
o
S
le
a
c
p

e
d

p
m
d
m

V
ri
Il
il
la
ti
ra
q
fa
p
v
d
m
co
p

B

ixtes rachidiens contiennent des nerfs vascu-
ibuent avec eux à la périphérie.
es filets empruntés à la moelle par les racines
ans le rameau communicant ; il en est un cer
i continuent leur trajet avec le nerf mixte, et
même en fournit qui remontent vers le nerf
même route.
olkmann (cités par Vulpian) ont constaté, sur la
un grand nombre de ces filets se dirigent dans
nerf rachidien, de dedans en dehors, et se por-
à la périphérie.
) a confirmé l'exactitude de cette donnée, aussi
grenouille que chez le surmulot.

II[e] Proposition.

s qui se sont détachés du nerf mixte, pour consti-
neau communicant, ne se rendent pas tout de suite
ion, mais suivent quelquefois longtemps le cordon
que avant de se jeter dans les plexus vasculaires aux-
sont affectés.

proposition mérite qu'on s'y arrête un instant, car
compte des résultats variés obtenus à la suite de
des racines, des troncs nerveux mixtes, du cordon
hique et de la moelle elle-même, à des hauteurs diffé-

si, on coupe d'abord les racines du sciatique, puis le
du nerf au delà du plexus sacré. Après la section des
es, on constate, comme je l'ai déjà mentionné, un certain
é d'échauffement du membre, car on vient de sectionner
ibres vaso-motrices passant de la moelle dans le nerf ;
nd ensuite on coupe le tronc du nerf lui-même à la cuisse,
empérature augmente très-notablement dans le membre,
rce qu'on a supprimé l'influence des anastomoses du cordon
mpathique avec le plexus sacré ; on aura un degré de tem-
rature plus élevé encore, si, à ces deux sections, on ajoute
elle du cordon sympathique lui-même, car on supprimera ainsi
es nerfs qui se rendent directement du cordon aux vaisseaux
lu membre.

Or, ces éléments, contenus dans le cordon sympathique et

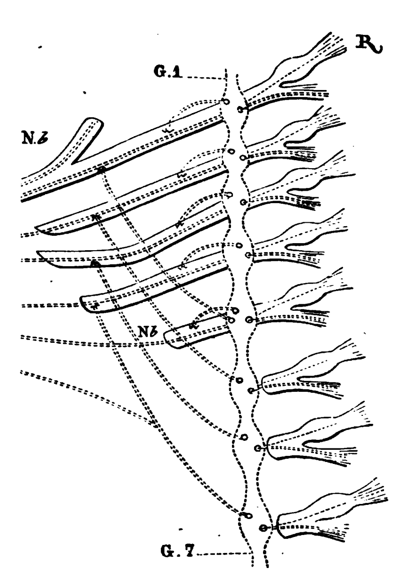
(1) Vulpian, Leçons de 1866.

app
inf
fait
plu
effe
me
sul
rat
ma
de
J'a
un
tèb
vea
des
aill
ten
dar
var
m'a
éle
une
ma
flar
(
de
se s
riq
mo
d'u
din
N
niv
est
le
sur

(1
(2
cine

nt, qui puissent fournir d'utiles rensei-

e la distance considérable à laquelle centre médullaire sur la circulation péri- mulée d'une manière trop générale; nt de chercher à la mieux préciser. ies dans divers travaux, notamment le Pflüger et de Cyon, peuvent être uti- le. J'ai essayé de les réunir sous forme ues représentant les nerfs vasculaires



ires du membre supérieur. — R, racines rachidiennes s mixtes formant le plexus brachial. — G1 à G7, gan- 1er thoracique au 7e), recevant des racines R des at aux nerfs mixtes (rameaux communicants). — AB, ar- ets vasculaires provenant : 1° du cordon sympathique,

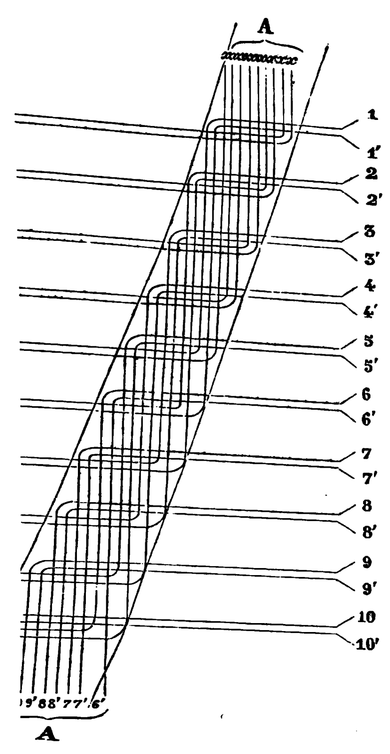
t que présenter les deux limites ex- est comprise la région centrale four- ires des membres. Nous ne savons

pas,
filets
au cr
davar
brach
trono
mesur
pathiq
nerveu

Fig. 98. — Schéma
(lombo-sacrées). —
lombo-sacré receva
A. F. Artères du m
pathique ; 2° des ne

Ce désiderat
étudierons la p
mais, cette fois
beaux résultats
Waller, Chauve
spinale.

complexité du cordon sympathique dans
ble le plus simple, où ses ganglions et ses
ınts se succèdent avec tant de régularité
n effet à revenir sur cet exemple, quand
n des communications des nerfs crâniens
et plus d'une fois je me reporterai aux
squisser.



ɪosition du cordon sympathique d'après Valentin.

la constitution de ce cordon, je crois
sion qui m'a frappé dans les travaux
ce sujet : Valentin a écrit en 1843

de
él
fû
th
ré
as
me
de

mo
des

rad
tou*t*
3, 4
rieu
rieu
le v
pare
siver
rachi
tiel d
en ce
en b
éman
moins

(1) Va

ɜUXIÈME PARTIE.

SCULAIRES DE LA TÊTE.

– **Nerfs de la face.**

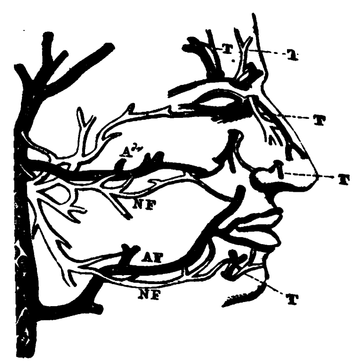
irconscrite en haut par la région fron-
ɔn sus-hyoïdienne dont la sépare la
érieur, sur les côtés et en arrière par
ɜt auriculaire, offre à l'étude : 1° une
e dans laquelle sont incluses des dé-
sourcillière, palpébrale, zygomatique,
ıière, etc.); 2° une série de cavités
le).

ches superficielles et celle des régions
nt liées l'une à l'autre, soit par l'ori-
'union anastomotique des vaisseaux.
ɜnt à ces vaisseaux sont fournis aussi
la profondeur, par les mêmes sources
jumeau); mais toute physiologique
ɜ d'ensemble montrant les variations
e parties aussi nombreuses, elle est
ɔs l'abord.

vement passé en revue chacune des
donné les détails anatomiques prin-
ıervation des vaisseaux, alors seule-
e grouper les faits et de rapprocher
culations que la nécessité de l'ana-
ier isolément ; de même que plus
lans des chapitres séparés l'inner-



branches du trijumeau : l'artère tempo-
es artères frontale, nasale externe, sous-
entonnière sur leur trajet, en reçoivent de
ations : je les rapellerai, en leur lieu,
itions trop fréquentes.

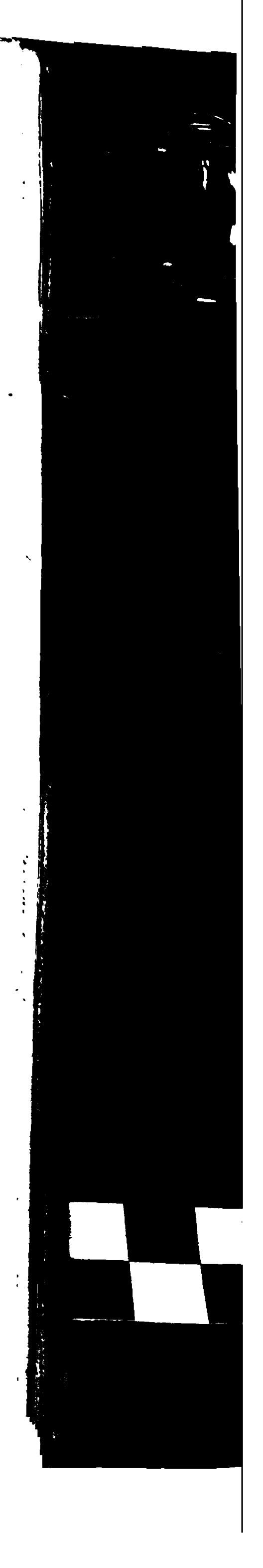


ulaires de la face. — NF, nerf facial fournissant des filets
le de la face (Adr), faciale (AF), déjà couvertes de réseaux
de la carotide externe. A leur terminaison les branches du
frontale, nasale, sous-orbitaire, palpébrales, mentonnière,
du trijumeau T.

vasculaires de la joue.

e schématique ci jointe (fig. 100) et dans
up sacrifier le détail à l'ensemble, le
niveau de la patte d'oie, des rameaux
si qu'à sa branche collatérale, la trans-
comme l'indiquent les fig. 104 et 105, la
ître des filets d'un plexus formé en
anches d'origine du nerf auriculo-tem-
écialement décrit à propos des nerfs
. Il suit de là que les branches émanant
mment fournie vont emporter, soit à
e, soit à la région temporale, des
es : la transversale de la face entre

reçoit plus loin des filets qui lui sont
o-nasal inférieur anastomosé avec le



zy
l'a
m
qu
me

mo
nor
fois
Ce s
ce d
tère
mina
rami
On
expli
geurs
tions,
rition
une in
est sou
geur d
On s
dans s
Mais, s
leur int
pouvan
théoriqu
teurs qu
porter c
mais je c
compte,
celle des
Quant
constitue

(1) Valenti
(2) Gubler,

— Jaccoud

neuse mécanique amenant la perte défini-
ité.

distribuent aux autres branches de la tem-
iés à propos des régions correspondantes.
asculaire de la joue est complétée par les
gnent l'artère buccale et l'alvéolaire supé-
artères, destinées surtout aux couches pro-
e et muqueuse, proviennent de la maxillaire
de son inflexion sur la tubérosité maxillaire;
ec elles les rameaux émanés du plexus déjà
e de la temporale (v. fig. 104 et 105), c'est-
pathique cervical, par le plexus carotidien,
r le nerf dentaire inférieur et par l'auriculo-
uent à les innerver. Ajoutons-y des filets
rf buccal, au delà du ptérygoïdien: « le buc-
de la maxillaire interne des plexus provenant
nt et de la réunion successifs de ses fais-

s artères des joues, transversale de la face, fa-
re, buccale, alvéolaire supérieure, reçoivent leurs
arotidien, du facial et du trijumeau. (V. fig. 100.)

culaires des régions labiale et mentonnière.

vu tout à l'heure le bouquet artériel sous-
é par des filets du nerf maxillaire supérieur et
ères alvéolaire supérieure et buccale entourées
iant du plexus rétro-maxillaire, à la formation
ent le sympathique et le trijumeau (*maxillaire*
dentaire et l'auriculo-temporal). A la lèvre su-
retrouvons les divisions terminales des mêmes
agnées des mêmes nerfs.
artériel mentonnier, fourni par la dentaire infé-
ervé à la fois par des filets du dentaire (V. cav.
s) et du facial (nerf labio-mental, branche

re faciale, apportant dans l'épaisseur des lèvres
aires des filets sympathiques du plexus caroti-

ncyclop. anat., trad. Jourd., t. IV.
mering, Meckel, Valentin, *Encyclop. anat.*

dien
labi
C
leur
dans
décr
vité
Po
sourc
laires

L'a
naso-l
de l'ai
parties
La
la nas
rapport
nasales,
emprun
(*bucco-l*
Ici en
région :
verneux
La ci
prouvent
région es
multiples
même de
facile du
autremen
Une ré
dissement
s'y fait plu
laire de la
ces région
est vrai, s

… dû à sa situation même qui l'expose plus
…es. Je fais ici cette remarque, parce que je
… *chirurgicale* du professeur Richet (1) une
… qui m'a semblé peu en rapport avec ce
…le la vascularité de la région.

…aires des régions palpébrale et sourcillière.

… artères qui fournissent à ces deux régions
…nt de l'ophthalmique.
…s, les palpébrales supérieure et inférieure
…e une arcade : l'arcade supérieure s'anasto-
…ec un rameau palpébral de la temporale super-
…e inférieure, avec un rameau palpébral de la
En outre, on y trouve des ramuscules des fron-
…t interne, de la nasale et de la faciale.
…du sourcil, la principale artère est la sus-orbi-
…osée avec la frontale interne.
…e de ces artères, existent des filets sympathiques,
…ur les branches de l'ophthalmique du plexus ca-
…r les rameaux de la sous-orbitaire du plexus
…ais plus haut sous le nom de rétro-maxillaire, et
…oit point oublier les sources multiples ; pour les
…la temporale et de la faciale des différents nerfs déjà
…mpathique, facial, trijumeau). Je dois signaler
…joutés des filets du nasal externe (sous-trochléaire)
…ux arcades palpébrales, et des filets du frontal in-
…stomosés avec ceux du frontal externe, et formant
… autour de l'artère sus-orbitaire (*e*).

*… quatrième groupe, comme dans les trois précédents,
…lent que les artères reçoivent leurs filets nerveux des
…rotidiens externe et interne, et des nerfs facial et triju-*

…et, *Anat. chir.*, p. 302, éd. 1866.



Dans cette
anatomiques;
vasculaires, soi
tieusement dé
trouvent souve
les auteurs de
mi les filets m
ou muqueux d
immédiats ave
dans ce qui p
gnements sur l
nées de la phy
longueurs que
à des résulta
eux, ou à de
Dans ce qui
user autremen
étude. Cette re
quels j'ai dû e
régions profon

I

Le nerf sph
accompagne l
cornet et méa
Le nerf sp
naso-palatin
meaux à l'art
palatine) qu'i
Les deux n
rieure bifurq

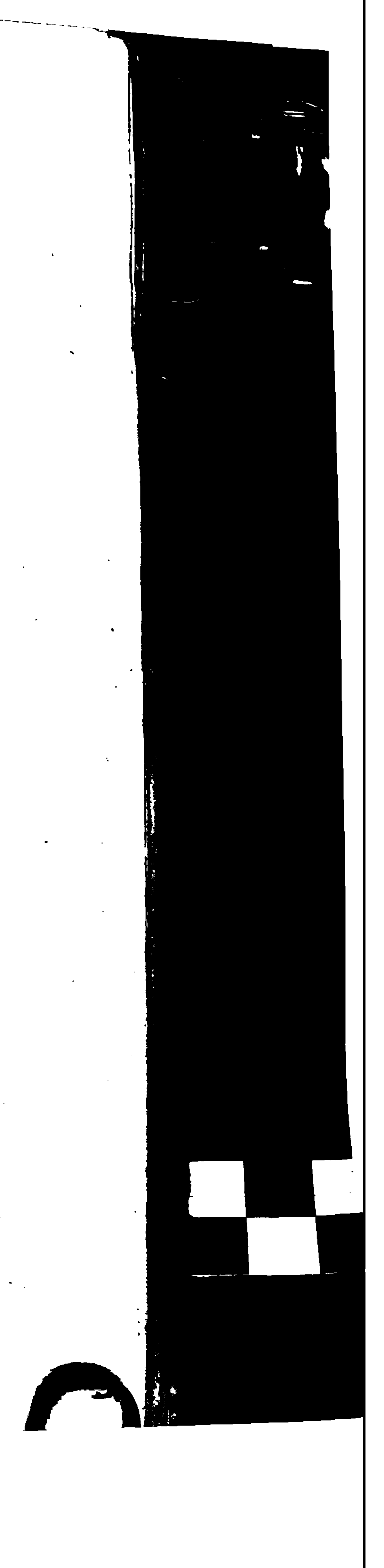
(1) Wrisberg,

ıpérieurs d'un ganglion, sans arriver
›e (ganglion naso-palatin de Cloquet) (2).
·ence de ce ganglion.
a jamais vu d'anastomose entre les deux
ni entre ces nerfs et le nerf palatin anté-

ıtérieur, (grand nerf palatin), entoure les
l'artère palatine descendante (P.D. *fig.* 101
par conséquent, les vaisseaux artériels qui
ce du méat moyen, du cornet inférieur et
'artère, devenant palatine proprement dite,
lui fournir des réseaux, mais au niveau
.térieur où elle remonte à la rencontre de
n'est pas démontré, comme le dit Cruvei-
›s filets nerveux la suivent dans ce trajet
ameaux terminaux du nerf de la cloison.

rtères sphéno-palatines, et palatines supé-
de la maxillaire interne, les fosses nasales
ans leur région antérieure, par de nombreux
fournis par l'artère ethmoïdale antérieure,
ılmique, qui pénètre par la voûte et descend
rameaux externes pour la partie antérieure
ıt supérieurs, et en rameaux internes pour
e de la cloison. C'est de ces derniers que part
aire ; tous s'anastomosent avec les rameaux
internes, de la sphéno-palatine.
est adjoint le filet ethmoïdal du rameau nasal
thalmique) qui accompagne d'abord le tronc
ıdale antérieure, au-dessus et en avant duquel
le canal orbitaire interne antérieur ; il lui
festement un filet à ce niveau. Plus loin, ses
nies à celles de l'artère, mais la nature ner-
nexions ne me paraît point absolument démon-
les anatomistes les plus minutieux (Bock,

descript.
ıdlung über den Ohrknoten*, Heidelberg, 1828, et *Icones*
Heidelberg, 1834.
nat. descript., t. IV.



Langenbeck, Arnc
comme nerf vascul

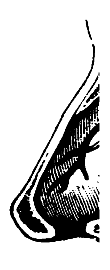


Fig. 101. — Nerfs vasculai
Meckel fournissant des
tine descendante (PD),
MJ. — AE, artère ethmoïi



Fig. 102. — Nerfs vascu
Meckel fournissant à la
la palatine descendant
(branche interne) aux

(1) Bock, Meissen,
Arnold,
Swann,

eres des fosses nasales reçoivent leurs nerfs
el et de la branche ophthalmique. Or, ceux
ganglion de Meckel peuvent avoir leur
plexus carotidien qui fournit la racine sym-
nglion, soit dans le centre bulbaire lui-
du trijumeau qui, comme nous le verrons,
hérie des éléments nerveux vasculaires pui-
, soit dans le facial, par le grand nerf pé-

culaires qui viennent indirectement de la
nique, par le filet ethmoïdal, peuvent égale-
soit du centre bulbaire, soit du plexus caroti-
astomoses avec l'ophthalmique sont très-mul-
es deux groupes de nerfs artériels sont loin
auxquels les vaisseaux soient subordonnés. La
ne est couverte, à son origine; de nerfs : 1° qui
exus de l'artère carotide externe ; 2° qui nais-
uriculo-temporal, branche du maxillaire infé-
s les branches de cette artère, la sphéno-palatine
descendante comme les autres, emportent dans
s filets émanant de ces deux nouvelles sources.
, l'artère ophthalmique puise un grand nombre
pathiques dans le plexus qui accompagne la caro-
dont elle provient, et, comme tout à l'heure, les
ce vaisseau, l'ethmoïdale antérieure entre autres,
t dans ces nombreux filets.

ils doivent être pris en considération, quand on
troubles vasculaires de cette région. Pour l'in-
n des désordres survenant de ce côté, soit à la
sions expérimentales du trijumeau (*ablations du gan-
no-palatin*, Claude Bernard), soit à la suite d'abla-
anglion cervical supérieur, il ne faut point oublier à
ombreuses sources les vaisseaux des fosses nasales
eur appareil d'innervation.

ar exemple, on attribue comme le font quelques
gistes, des fonctions différentes aux nerfs vasculaires
nt directement du grand sympathique et à ceux que
sent les nerfs cérébro-rachidiens, les divisions que j'ai
es plus haut peuvent avoir leur intérêt ; mais, au fond,

cett
mée
vena
dans

C'e
dispo
des n
seaux
branc
lesque
mixtes
la *moe*

Pre
suivies
proven
plexus
palatin,
moteur
pétreux
thalmiqu

J'ai d
pour les
face, et j'
similation
plus diff
moment.

b)

Cette ét
reliée à ce
artériel de
artériel des
point aban
le ganglion
au sujet de
surtout *l'arte*

La ptéryg
soit *du gang*

qu'à sa terminaison dans la trompe d'Eus-

e, dans son trajet intra-osseux, de la fosse
à la paroi latérale supérieure du pharynx
autour de la trompe d'Eustache, est entou-
erveux appliqués les uns contre les autres,
e vue un nerf unique, *le nerf vidien*. Mais
loin d'être simple ; il contient, à coup sûr,
dres de filets : *a*), le grand nerf pétreux su-
le genou du facial au ganglion de Meckel ;
pathiques ; ces derniers sont groupés d'habi-
de filet carotidien du nerf vidien (1), et con-
depuis Longet, comme portant au ganglion de
sympathique, comme émanant du plexus ca-
dirigeant vers le ganglion. Cette conception
semble bien nette et satisfait dès l'abord. On
ouver, pour chaque ganglion, un triple sys-
nt : le nerf vidien contient deux éléments de ce
roisième vient du tronc maxillaire supérieur

onsidère quel grand nombre de filets ce nerf
nne à l'artère qui chemine dans le même canal,
ser, tout d'abord, que ces filets vasculaires sont
plexus carotidien, puisque celui-ci donnerait la
athique du ganglion de Meckel.
ai d'abord remarquer qu'il serait bien étrange de
exception, des filets sympathiques abordant une
son extrémité pour remonter vers son origine,
si qu'il faudrait les comprendre, si l'on admet que
asculaire du nerf vidien prend sa source dans le
tidien). D'un autre côté, cette artère vidienne se
donc à la règle qui gouverne l'innervation des
ches nées de la maxillaire interne au voisinage
n de Meckel ? Elle serait seule à n'en point rece-

otidien du nerf vidien, dont on rapporte la découverte à Meckel
re nervor.); Gœttingue, 1748. (Voir *Scriptor*.. Ludwig, 1791, t. Ier
Ganglio nuper detecto, Berlin, 1749), aurait été découvert par
ivant Lecat), 1717, ou par Heister ; Nurimbergæ, 1719 (suivant
t. et Phys., 1842).

1
v
tı
m
la

de
po
à a
fou
tèr
et,
ner
diq
don
n'a
Lan
fibre
et co
tidie
cette
se dé
porta
avec l
caroti
anasto
du car
rieur.

J'ai
vue des
paraiss
physiol
pour le
ganglion
portance

(1) Wrisb
(2) Sœmm
(3) Bock,
Hirzel, *Ze*
Arnold, K

vIront à prouver que le plexus carotidien, et ganglion cervical supérieur, s'ils envoient vent également qui peuvent être considérés naires. Je n'en parle ici que pour mémoire, npathique, dans ses rapports avec les nerfs re l'objet d'un chapitre séparé (V. 3e partie).

rfs vasculaires de la cavité buccale.

culaires de la cavité buccale (voûte palatine, ont déjà été étudiés à propos des régions su- la face. Ceux des vaisseaux de la langue ne lécrits qu'après ceux qui se distribuent aux glandes salivaires. Je renvoie donc leur étude s nerfs vasculaires des glandes, que je vais poser au point de vue anatomique et physiolo-

Nerfs vasculaires des glandes salivaires.

'innervation de la glande sous-maxillaire. — (J'ai nencer cette étude par les nerfs des vaisseaux de us-maxillaire, parce qu'ils sont mieux connus au anatomique et physiologique, et que leur des- urra être d'un grand secours dans la détermina- ntroversée des nerfs vasculaires parotidiens.)

faciale qui fournit plusieurs branches, dont le fort hors de proportion avec la petitesse de la glande r), et l'artère sous-mentale, branche de la pre- ortent directement dans la glande sous-maxillaire ombreux émanés du plexus carotidien (1).

s filets sympathiques ne sont pas les seuls que les artères de la glande : il en est d'autres qui du ganglion sous-maxillaire, lequel emprunte ses

Iwanoff, Bock, Arnold. Ces filets, niés par quelques auteurs, ont retrouvés par Longet (*Anat. et Physiol. syst. nerv.*).

racines sym
faciale (5, fi

KLemo

Fig. 103. — Sch
C, corde du tym
la glande sous-
route vers la la
de la carotide
maxillaire.

Le troisi
sous-maxill
latoires en
glande : ce
(C. fig. 103
Ce nerf a
lingual n'e
détache en
sous-maxill
filets (2 et 3
que le con
(1 et 4, fig.
ineaux glan
dans la figu
Comment
panico-ling

(1) Vulpian,

·lles avec les éléments fondamentaux de
: glandulaires et vaisseaux ?
des filets de la corde du tympan dans les
s des culs-de-sac glandulaires ne serait pas
Pflüger (1), et Wundt (2) dit à ce sujet :
uble contour (cérébro-spinales), réduites à
·axe, perforent la membrane cellulaire pour
le noyau des cellules glandulaires (3). »
n de Wundt est beaucoup plus précise que
lui-même. Celui-ci, en effet, a figuré les ra-
conservant leur myéline jusqu'à leur point
ce qui est tout à fait en désaccord avec ce que
s filets nerveux approchant de leur véritable
:eux-ci perdent leur myéline pour ne con-
ylindre-axe et la gaîne de Schwann. Wundt
loin que Pflüger, mais comme il ne dit point
e constaté cet isolement du cylindre-axe, et ne
ports des éléments nerveux que d'après Pflüger,
s (3) subsistent à cet égard, et nous ne sommes
s à admettre cette terminaison nerveuse comme
s.

ncore hypothèse au sujet de la terminaison de la
npan par rapport aux vaisseaux, et c'est précisé-
e absence de renseignements anatomiques précis
evons les discussions actuelles sur le mode d'action

s est-il que le nerf qui nous occupe modifie le
s vaisseaux de la glande et que la sécrétion n'est
cutive. Mais ce que je présente ici sous forme de
n établie doit, pour être accepté comme tel, s'appuyer
aits.

rnard a vu que l'excitation du bout périphérique de la
tympan détermine l'accélération du courant sanguin
s la glande ; Ludwig avait déjà montré l'influence du
erf sur la sécrétion salivaire.

ger, *Die Endig. der absunderungs nerv. in den Speichledrusen.*
166.
undt, *Physiologie*, 1872
dge, *Comp. physiol.*, 1874. Heidenhain, 1868. Bennett, Küss, Longet.



a
d
ta
lu
vit
l'a
pel
A
séc
occu
K
j'ai
épith
prise
Duva
1824,
De
dont o
let (2)
damme
glandes
termes
lier dan
qu'au li
On a
sans que
tion du
subordon
wig (4)
qu'il a p
admettre

(1) Dutroche
— Voir aus
Prague, 1837.
(2) Billet, T
(3) Chatin, E
(4) Ludwig,
t. II, 2e édition.
(5) Budge, Co

pression de la salive dans le canal de ue celle du sang dans la carotide ou la ature de la salive plus élevée que celle

ord qu'en 1851 Ludwig, et peu après ses ner, crurent pouvoir affirmer que la pré- culation dans les glandes n'est pas indis- n ; mais Schiff, reprenant les expériences dée cette conclusion, montra qu'en réalité, pités, l'excitation de la corde du tympan sécrétion presque nulle (en rapport du uantité de sang conservée par la glande) ; diminution considérable dans la sécrétion homme dont on comprime les carotides.
ang en circulation a été encore démontrée vante de Cl. Bernard (1) : après la liga- se distribue à la sous-maxillaire, le sang les veines, l'excitation de la corde du tym- ortir quelques gouttes de salive, mais cette ientôt.
n se fonde, pour nier la relation de cause ulation et la sécrétion, sur ce que la pres- e a paru moins élevée à Ludwig que la pres- de Wharton, je ferai remarquer que Lud- la pression dans le canal excréteur de la somme des forces expulsives s'exerçant sur u dehors par les contractions des canaux , dès lors, il n'y a guère de comparaison à iffre de la pression salivaire et celui de la

en voulu me communiquer les résultats de prises autrefois sur cette question : je ne umer les points qui ont spécialement trait

ivaire se produit par l'action de la couche , de nature musculaire, qui double les ca- Quand on excite le nerf tympanico-lingual,

uides de l'organisme, tome II, p. 321.

cet
ter
vati
vier
un
d'où
à lev
la bo
pant
vier
vait
semb
pan a
on s'
comm
nous
salive
la faci

Qua
élevée
der sin
le facte
l'heure
transfo
sanguir
n'être
moins c
crétion
fournit l

Ce n'
physiolo
problém
épithélia
pour disc

Bien lo
trer l'indé

Cl Ber
tion sous

(1) Cl. Ber

…nstaté qu'après altération des cellules glan-
…jections de carbonate de soude ou d'acide
…du dans les canaux excréteurs de la sous-
…tion de la corde du tympan produit encore
…e suractivité vasculaire, quoique la glande
… l'indépendance de la circulation est donc

…ance ne ressort pas moins des faits suivants.
… sécrétion sous-maxillaire, comme les autres
…res, cesse de se produire sous l'influence de
…eidenhain (2), reprenant les expériences de
…ilisé cette donnée, pour démontrer que la cir-
…être activée dans le district vasculaire de la
…xillaire indépendamment de la sécrétion.
…ces, comme celles que Eckhard (4) a pratiquées
…recteurs du chien, et qu'a répétées Loven (5),
…tives au point de vue de l'indépendance de l'ac-
…ire par rapport à la sécrétion. Toutes parlent en
…tériorité de l'acte vasculaire ; mais aucune ne
…tre ces faits en lumière d'une façon aussi nette
…professeur Vulpian, à cause de la simplicité des
…périmentales dans lesquelles il s'est placé (il
… d'en juger ainsi, quoique M. Vulpian ait surtout
…es recherches des autres physiologistes et fourni
…simplement comme appoint à son argumentation).
…xcitation de la corde du tympan produire, dans la
…spondante de la langue, une vascularisation iden-
…e que Cl. Bernard a étudiée dans la glande sous-
…et cela, sans être accompagnée d'aucune modifica-
…ire.
…ence de ces expériences, l'action de la corde du
…r l'appareil vasculaire me semble bien établie

…zzi, *Berichte d. Kgl. Sachs.* G., 1865 (cité par Wundt, *Physiol.*,

…hain, *H. Pflüger's Archiv*, V, 40-45, analyse par Bernstein, *In*
…, p. 326, 1872; extr. *in Arch. phys.*, 1872.
…el, *l'Atropine et les nerfs d'arrêt*, Dorpat, 1868.
…rd, *Beitrage zur Phys. d. Darmbewegung*, Leipzig, 1863.
… (Ch.), Arbeiten, Ludwig, 1866.
…n, *Leçons sur les vaso-moteurs*, 1874.

co
es
sou
cu

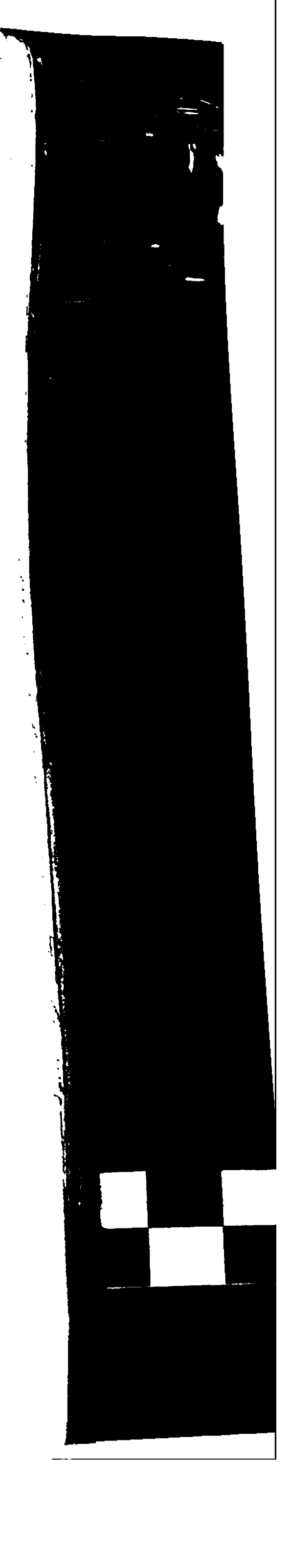
(
rer
des
sui
mè
cou
colo
aux
auj
pre
J
écai
la t
sang
ou u
du t
du r
actio
cas
tionr
Ap
pour
j'ai
laire
tymp
bling
gangl
d'un
pan n
nerf s
chercl
phéno
soit au

(1) Cl.
(2) Cl.

tympan avant ou après le ganglion, sans
sensible dans les résultats observés sur
e, en se reportant à la figure 103, on voit
re de filets de la corde du tympan ne font
glion sans y entrer. Ce détail prend une
théorique dans la discussion relative au
nerfs dilatateurs. L'identité des effets pro-
aux d'un organe par l'excitation d'un nerf
qu'il y ait ou non des ganglions interposés,
ntredire l'opinion développée surtout par
ian, et émise autrefois sous forme d'hypo-
Bernard : que les vaso-dilatateurs agissent
ctivité des vaso-constricteurs par une sorte
aude Bernard), et que cette action suspensive
au des ganglions (Vulpian) (1). Je sais bien
a expliqué les exceptions de ce genre qui
ner sa théorie, en s'appuyant sur ce qu'il
les organes, de petits amas cellulaires, vé-
s microscopiques; de sorte que, dans le cas
si le nerf vaso-dilatateur n'agit pas sur le gan-
il agirait sur les groupes de cellules épar-
le et à la surface des parois vasculaires. Son
nsive sur les vaso-constricteurs, pour avoir
ofond, ne s'en exercerait pas moins.

ion (qui s'applique également au cas où la dé-
s fibres sympathiques a été au préalable déter-
chement du ganglion cervical supérieur), sup-
'arrachement du ganglion, toutes les fibres
es qui se rendent à la langue n'ont pas subi
nce. Ce n'est qu'à cette condition qu'on peut
grité persistante d'un certain nombre d'amas
insèques, car il n'y a pas de raison pour que
profonds soient plutôt respectés par la dégé-
e les ganglions extérieurs. L'appareil terminal
générés à la suite des sections wallériennes a
rouvé atteint, aussi bien dans les muscles que
nes du tact, et, si l'on doit assimiler, comme

çons sur les *vaso-moteurs*, 1874.



ı
ç
d
p
c
te

pe
ce
ve
éta
de
cet
dan
glio
J
une
qui,
vena
que
crâni
il y a
inféri
Mê
plus
fibres
rience
vient
avec *le*
section
Dan
pathiq
nir de g
lement
corde d

(1) Schif
f. Physio

tre présenté comme agissant à la faveur de
suspendrait l'influence vaso-constrictive. Je
dant encore de la réalité de cette hypothèse,
e ces mutilations nombreuses seraient prati-
cès sur un même animal, et voici l'une des
e réserve. En prenant la question d'un autre
vons à conclure que, suivant M. le professeur
tion vaso-dilatatrice doit toujours pouvoir s'exer-
glions sympathiques, extérieurs aux organes ou
volumineux ou microscopiques, conservent leur
atomique et physiologique.

se fait-il dès lors que si on injecte dans les
chien une dose de chloral suffisante pour l'anes-
plétement, il soit impossible de reproduire les
dilatateurs ordinaires? Cependant l'appareil gan-
est respecté, comme le prouve le rétrécissement
eaux accompagnant la faradisation du cordon cer-
grand sympathique (1). Si les vaso-dilatateurs avaient
dition suffisante de leur fonction la conservation des
ns placés sur le trajet des nerfs sympathiques, leur
on en général, et en particulier celle du nerf présenté
un type de cette catégorie, la corde du tympan, devrait
ivie de ses effets ordinaires.

Vulpian a donc conclu, avec toute raison, que « nous ne
nes pas certains de posséder la véritable théorie de ces
ns vaso-dilatatrices, et que de nouvelles recherches sont
ssaires pour dissiper les obscurités qui les enveloppent
ore. »

Quoi qu'il en soit, la dilatation des vaisseaux de la glande
us-maxillaire, de la glande sublinguale et très-probable-
ent d'un grand nombre d'autres glandes acineuses annexées
a cavité bucco-pharyngée (2), se produit sous l'influence de
excitation de la corde du tympan. Si nous ignorons absolu-
nent le mode d'action de ce nerf, au moins savons-nous quel
effet il produit.

(1) Vulpian, *Leçons sur les vaso-moteurs*, préface.

(2) Cl. Bernard, *Syst. nerv.*, t. II, p. 146, a pu suivre un filet récurrent de la corde du tympan jusque dans une masse glandulaire du voile du palais et du pharynx.

l
c
sc
l'i.
d'ı
par
et n
ficie

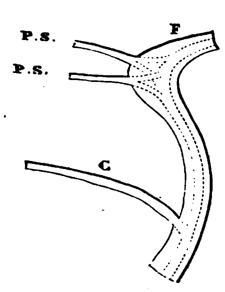
Fig. 104. — Schém
moyenne. — NT,
ganglion otique, d
temporale et celle d

Mais, dit-il, «
ganglion otique
pas signalées,
mettre (2)... »

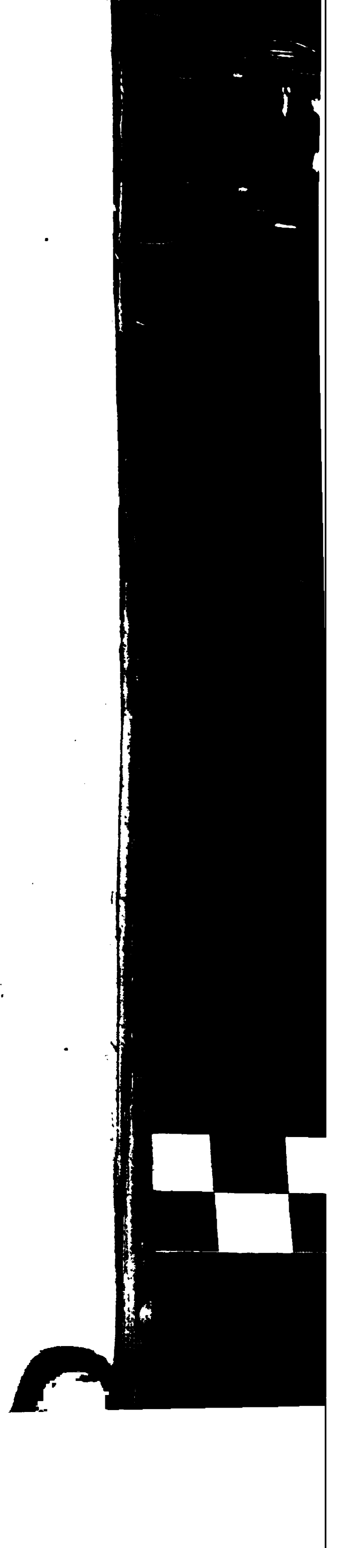
Ces communi

(1) Cl. Bernard, Sys
(2) Cl. Bernard, Sys

ıtestablement par l'intermédiaire du nerf
L'anastomose entre le ganglion otique et
mporal se fait (Arnold (1), Weber (2) en
paux (fig. 104): 1° avec la racine supérieure
par la branche maxillaire inférieure; 2° avec
ures venant du nerf dentaire, un peu au des-
tion du tronc maxillaire.
'iculo-temporal forme, dans l'intervalle qui
ēe moyenne de la temporale, un riche plexus
es les artères voisines, et, entre autres, aux
ètrent dans la parotide; il présente quelque-
, de petits ganglions (3) et se divise en plu-
dont quelques-uns traversent la glande paro-
lonnant des filets.



du trajet de la corde du tympan dans l'épaisseur du facial F et rapports superficiels PS, PS, avec ses fibres, au niveau du ganglion géniculé.



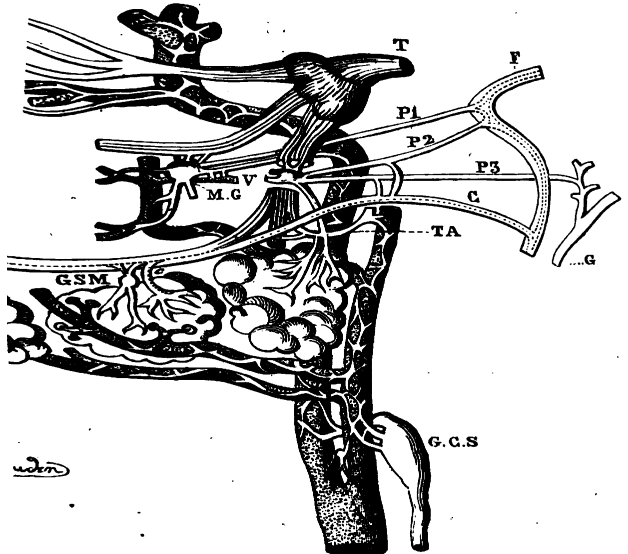
ı physiologique avait donc suffi à Cl. Bernard
.ndiquer des communications que des dissections
ıvaient démontrées à Arnold et à Weber. Aujour-
›uve ces anastomoses indiquées dans l'atlas
1 et dans les traités d'anatomie qui lui ont em-
gures. J'ai eu moi-même l'occasion de les ren-
ment, une fois surtout, sur une pièce de concours
ectorat en 1871 (4).

opftheil, tab. IX. — *Icones nerv. cap.*, tab. V.
ab. *Anat.*, fasc. 2, tab. VI; Zurich, 1837.
eil's *Archiv.*, tab. VIII.
ər. t. III, p. 528.
l'Ecole de Bordeaux. F. F.

tio
su]
ave
vai.
file
ce q
1°
supe
pétr
pani
diqu
2°
par d
nique
en ra]
inféri
Ces
otique
celle c
pétreu
des file
« Pour
le filet
petit pe
quantite
J'ign
résultat
est regr
n'indiqu
été excit
gine de
diaire du
Mais il
même po

(1) Arnold
(2) Encycl
(3) Wundt
(4) Arnold,

ck (2), Valentin (3) ont vu le nerf petit (P 2, fig. 106) bifurqué dans l'épaisseur é. En suivant la branche de bifurcation in- ıarqué qu'elle se confondait avec les fibres pan (C) remontant dans le tronc du facial fig. 105 et 106).



ıa général des nerfs glandulaires. — F, tronc du facial avec lignes ponc- es communications entre les pétreux P1 P2 et la corde du tympan C. — ıo-temporal avec filets parotidiens; ses racines au ganglion otique, au eur et au dentaire. — MG, ganglion de Meckel avec filets artériels pour ɔs. — NL, nerf lingual et, *c c*, filets glandulaires sous-maxillaires et subl. ;ual.— GCS, ganglion cervical supérieur.

nous dès lors autorisé à admettre une nouvelle nmunication entre la corde du tympan et le gan- e? Le nerf petit pétreux superficiel, du moins pour vasculaires qu'il contient, ne serait-il donc autre ıne branche de la corde du tympan?

, *Neurologische Beobachtungen*, Dorpat, 1836.
eck, *Muller's Archiv.*, 1840, et *Die Nerven des menschlichen* ınswick, 1840.
in, *Muller's Archiv.*, 1840, — et *Encyclop. anatomique*

a
r
u
le
a
va
gı
d'
tir
au
du
ses
séc
sul
gla
par
séc
de r
sou
tron
prés
(Voi
Vo
nera
d'illo
puis
du ty
Schif
tation
s'acco
vent a
questi
incon
présen
moi d

(1) Scl
— Voi
(2) Cl.

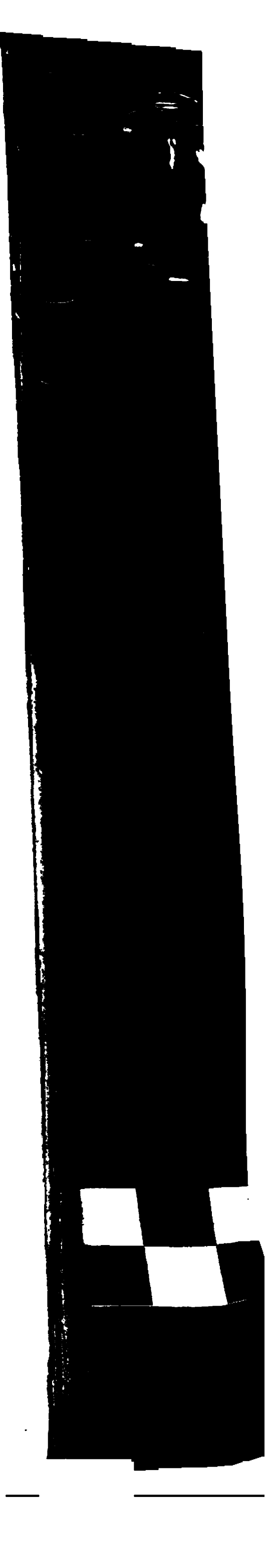
complexes, et de traduire fidèlement le
andulaires que j'ai joint au texte (fig. 106).
vec la corde du tympan, je n'ajouterai
e l'anatomie ne nous démontre point sa con-
intermédiaire de Wrisberg. A ce sujet, j'ai
ignements à l'anatomie comparée et n'ai rien
isât à admettre cette continuité. Cette idée
sous un grand nom; sans nier le fait, je me
que l'expérimentation sur les animaux et la
iomme ne l'ont point démontré.
alentin (1), suivant de bas en haut la corde
e tronc du facial, a indiqué son trajet dans la
ce nerf, et ne parle point de ses rapports avec

ırons l'innervation vaso-motrice des glandes
e des fosses nasales, comme nous avons com-
celle des autres régions, nous y verrons encore
ıervés par des filets sympathiques apportés du
l supérieur par les artères afférentes, accompa-
ingual, hypoglosse, etc., et par des nerfs appar-
ıe cérébro-rachidien et distincts des premiers au
hysiologique (corde du tympan, auriculo-tem-

vasculaire de la langue. — La langue reçoit,
avons vu plus haut, p. 196, fig. 103, des filets de
npan qui exercent sur ses vaisseaux la même in-
ur ceux des glandes sous-maxillaire et sublin-

ıisseaux de la langue apportent avec eux un grand
lets, empruntés au rameau carotidien du ganglion
érieur, qui forment autour d'eux des plexus péné-
les branches artérielles, jusque dans les papilles
ı langue (Huguier) (2).
ngual (corde du tympan mise à part), contient aussi
ı même ordre reçus du tronc dont il émane. Nous
ffet que le tronc (T) du trijumeau (fig. 132), le gan-

, *Névrolog.*. trad. Jourdan, 1843.
, cité par Longet, Sappey, etc.



gl
n.
ils

qui
l'ex
sion
filet
la pe
L'
lingu
la thé
d'un
tain
ponda
gual d
par un
Enfir
apporte
pelé à c
hypoglo
du côté
Ce ner
supérieu
nombre
Mais nou
nerfs racl
tiennent d
térieures
partient é
à ce *titre*,
thique.
Ainsi, à c
recevrait *d*
antérieure),

(1) Vulpian,
(2) *Dégénéres*
Pflüger, *Excit*
Centralzeitung,

ériphérie, après lui en avoir abandonné, à achidien.

loin ces indications quand j'essaierai un is général entre les nerfs crâniens et les u point de vue de leurs rapports communs ie.

je veux seulement comparer l'innervation ngue à celle des autres régions précédem- il me suffit, pour cela, de résumer les sources mprunte ses vaso-moteurs :

bre (plexus artériels), nerfs appartenant au achidien, lingual, corde du tympan et hypo-

res des dents de la mâchoire supérieure (1). — res antérieurs accompagnent d'un grand nombre ères dentaires antérieures.

s maxillaire, les arcades anastomotiques entre aires postérieurs et les dentaires antérieurs nbreux filets aux vaisseaux ayant la même di-

des, ainsi que des nerfs alvéolaires supérieurs, érieurs, partent de véritables petits plexus en- ets, dans les canalicules osseux, sur les vaisseaux les parcourent.

ation de ces filets nerveux a lieu avec les vais- la pulpe dentaire, soit par de petits canalicules trémité de la racine et au-dessous de l'ouverture soit par de petites fissures latérales.

culaires des dents de la mâchoire inférieure. — Le re inférieur (2) fournit des filets qui forment, dans

eck, *Æsterreischische Jarbücher*, t. XIX.
(Description très-complète des nerfs vasculaires des dents, spécialement de leur mode de terminaison dans les follicules dentaires).
Et Bock, Arnold, Weber, *In Encyclop. anatom.*, t. IV.
, De tertio *ramo paris quinti.*
ck, Arnold, Fœsebeck, *loc. cit.*



VI

UR LA RÉSISTANCE DE L'AIR, POUR SERVIR IYSIOLOGIE DU VOL DES OISEAUX.

ires, précédemment publiés sur la physiologie du it pour but de prouver que les mouvements de susceptibles d'une analyse délicate ; que les étails du coup d'aile sont retracés par les appa- eurs, tandis qu'ils échappent à peu près complé- re examen.

, certains naturalistes ont acquis, par une longue ae grande habitude de l'observation. Plusieurs au- perçu, dans le vol des oiseaux, certaines particu- j'aurais cru impossible de constater par la vue. ue, par des expériences probantes, on a réussi à se e de la réalité d'un phénomène, il devient relative- e de l'observer. Je sais voir aujourd'hui le trajet de l'aile, chez les gros oiseaux du moins, et tout nt, j'ai réussi à voir les changements de plan qui gnent les mouvements d'abaissement et d'élévation de l'oiseau. Voici dans quelles circonstances.

un grand port (2) où les goëlands jouent par centaines

ez deux mémoires *Sur le vol des Insectes et des Oiseaux* (*Biblio- es hautes études*, t. I et V, et *Annales des sciences naturelles*, 1869

nstantinople, la Corne-d'Or vue du pont de Galata.

et où ces ois
volent à quel
peut choisir
Les variétés
mière, la dir
l'on observe
fuyant en lig
vement deux
tour à tour v
state que, d
cela tient à
dans les ins
épaissie. L
externe de l
une torsion
l'aile. Le d
vers l'heur
l'aile de l'*oi*
apparaît d'
inférieure.
gements de
cet organe
produit au
firment do
demment
figure qui
différents

La cont
n'est pas
élevé, et
en fuyant
vateur (2
qu'on vo
tentes de
Ces éclip
rieure fo

(1) *Bibl*
(2) Il est
par en hau

ertains moments. Or ces moments sont ceux de
nt de l'aile, ainsi qu'on pouvait le prévoir.
n entendu que ces phénomènes n'arrivent que dans
; pendant le planement, au contraire, on constate
complète du plan de l'aile. Dans ces conditions
ervation offrait de l'intérêt.

ıais à déterminer l'inclinaison du plan de l'aile par
horizon ; pour cela, je me repérais sur les lignes
s du voisinage, et je crayonnais sur mon carnet,
s pages, l'angle que le plan de l'aile me semblait
es lignes. Tous ces angles coïncidaient entre-eux
ère à peu près parfaite; mesurés au *rapporteur*, ils
ient environ à 10 degrés.

jour de vent, j'ai pu faire, sur des milans, une
relative aux mouvements de la queue. Quand il
ces oiseaux abandonnent à peu près complétement
et se mettent à planer en décrivant ces cercles,
le monde l'a vu. J'ai constaté qu'en parcourant
les milans changeaient assez brusquement l'orien-
queue; au lieu de la tenir horizontalement étendue,
ient obliquement la face inférieure, tantôt à droite,
iche. Ces changements se produisaient en deux
étralement opposés de l'orbite parcourue; ils
au moment où l'oiseau commence à recevoir le
travers. Or, grâce à cette situation oblique du
ıeue, celle-ci recevait toujours le vent par en-des-
elle manœuvre doit être destinée à soutenir la
ieure du corps de l'oiseau, par une action analogue
erf-volant.

e pas plus longuement sur ces observations qui
rien de bien imprévu dans le mécanisme du vol,
ne nouvelle série d'expériences qui m'ont paru être
nt nécessaire de l'étude des mouvements de l'oiseau.
a détermination de la résistance de l'air pour des
de vitesse moyenne: n'excédant pas 20 mètres

par les expériences précédentes (1), que l'air doit

ue des hautes études, t. V, p. 25.



pr
un
sea
à la
à-d
tess
trou
trop
Le
ment
prend
métho
Cette
j'ai été
temps e
permis

DÉTER

Les ex
la résista
thode. On
corps léger
devenue u
pensé à ch
par le dépla
passives qui
le travail mo
travail mote
temps, puisq
hauteur conn
Ce produit
le travail mote
Or, celui-ci es
mobile multipli
l'unité de temp
couru, et de div
connaît déjà, p
chaque instant,

amen t doit-on considérer cette résistance totale
e ren contre quand il se déplace dans l'air? L'ana-
uppo ser que les choses se passent à peu près
ns tous les fluides, et l'on considère la résistance,
ssi bien que dans l'eau, comme formée, d'un côté
sio n augmentée en avant du mobile, c'est-à-dire
de la marche, et de l'autre côté, par une pression
arrière. La différence des deux pressions consti-
a résistance totale que le mobile éprouve.

comprendre le rôle de ces deux influences de si-
es qui s'ajoutent pour constituer la résistance au
les mobiles dans l'air, considérons un plan mince:
er, verticalement suspendu; il restera immobile
ce que ce fluide exerce une égale pression sur
. Mais admettons qu'on augmente la pression de
e antérieure de ce disque, ou qu'on la diminue
térieure; dans les deux cas, le disque se dépla-
e; seulement, l'énergie du déplacement sera
eux changements de pression se produisent à la
orce qui déplace le disque, dans le cas idéal
lérons ici, est identique à celle qui constitue
son mouvement dans l'air.

ı positive était la même sur tous les points de
ce du disque, et si cette égalité existait aussi
ı négative, en tous les points de la face posté-
ıit, pour estimer la résistance que l'air oppose
du disque, de mesurer la différence des pres-
ıt de chacune des deux faces, et de multiplier
par la surface entière. C'est ainsi qu'on estime
e qu'un volume d'eau exerce sur le fond d'un
ltipliant la pression mesurée en un seul point
ut entière.

es ne se passent pas d'une manière aussi
onditions dynamiques où se produit la résis-
ıouvement des corps. Sur les bords du disque,
ive en avant, s'élève moins haut que dans les
ales; en arrière, la pression négative descend
s bords qu'au centre. Dans toute cette région
asse assez facilement d'un côté à l'autre du

oduite par la force centrifuge, et que cette aspira-
le entièrement la pression positive à laquelle l'air
ans les points qui sont en contact avec la face an-
lisque.

ion de la pression de l'air en avant et en arrière
i disque animé d'un mouvement rotatif.

, dans ces expériences, d'obtenir la rotation d'un
ie vitesse uniforme; d'établir un tube, tournant
lui-même, de façon que son extrémité ouverte
l'air comprimé ou raréfié dont on voulait explo-
.; enfin de conduire ce tube jusqu'à un mano-
isible pour indiquer la pression de l'air au point

'es appareils. — La figure 107 représente, dans
l'appareil qui fut établi pour ces recherches

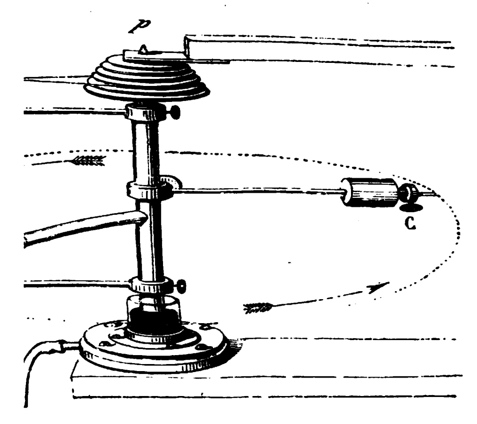
se compose de trois parties distinctes : 1° d'un
i uniforme que possible; 2° d'un plan tournant
iné par l'appareil moteur; 3° d'un manomètre
, auquel un tube d'une longueur suffisante
on de l'air explorée en un point quelconque
.

fig. 107) est un mouvement d'horlogerie soli-
et mis en action par un poids; un régulateur
sure l'uniformité du mouvement de cet appa-
e sans fin transmet le mouvement du moteur
P dont la disposition va être décrite.
résente, dans leurs détails, le plan tournant
étrique à l'aide duquel on explore la pression
isinage de ce plan. P est un disque de bois
nètres de rayon, articulé à la branche ver-
nétallique dont l'axe central forme un des
ral, actionné par la poulie p, tourne et en-
adre et le disque P dont le centre parcourt
uée par une ligne ponctuée et se meut dans
. (Pour empêcher les mouvements de laté-

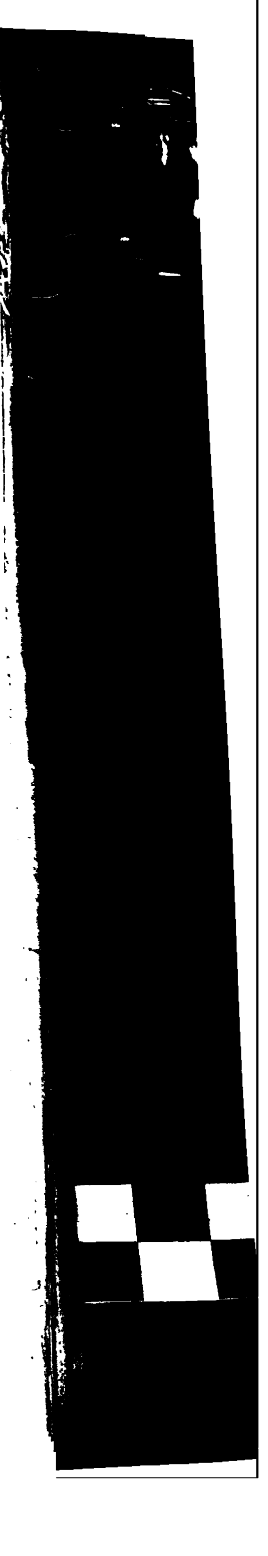


li

Mais, comme on doit faire de pareilles
; points de la surface du disque, sur ses
ifférentes distances de sa surface, on a
culations multiples qui lui permettent
'accourcir, de s'élever ou de s'abaisser,
olonté sur l'une ou l'autre face du dis-



uction du plan tournant P et du tube manométrique *m*.



dans lequel plonge l'extrémité du tube
transmettre, par une série de conduits
jusqu'au manomètre (représenté en M
ur cela, le tube *m* communique avec l'in-
ıl qui est creux. Celui-ci est fermé par
poulie motrice, tandis que, par en bas,
ıs un godet plein de mercure. Mais, du
ılève un autre tube qui s'ouvre au-dessus
à l'intérieur de l'axe. Ce tube intérieur
l'appareil à un conduit de caoutchouc
, qui aboutit finalement au manomètre
ion.
donc nécessairement entre le manomètre
ɪnge l'extrémité du tube explorateur. A
position un moteur d'une grande puis-

affaire ser

nomètre de

nviron 30 fois les indications du manomètre à
e 400 fois celles du manomètre à mercure.
re 109, on voit avec tous ses détails le mano-
déjà représenté en M dans la figure 107.
de grand diamètre, cylindriques à leur partie
oint d'affleurement des liquides de l'appareil,
n bas par un long tube en U qui établit la com-
tre elles. Dans l'une des boules, on a versé de
érébenthine ; dans l'autre, de l'alcool coloré. Ces
s arrivent au contact sans se mélanger, et la
rcation de leurs niveaux reste très-nette, l'es-
eant au-dessus de l'alcool.
e niveau des deux liquides dans les boules, de fa-
r le point de contact des liquides diversement co-
rtie moyenne de la branche du tube de verre où
ne échelle graduée, puis, au niveau de cette jonc-
ux liquides, on marque le zéro de l'appareil.
qui amène la pression dans le manomètre s'ouvre
chon de la boule qui contient l'essence de térében-
bifurcation de ce tube se rend dans un manomètre
le, dans la figure 109, au centre du manomètre.
lisposition permet de contrôler la sensibilité de
. En effet, supposons qu'en soufflant dans le tube de
sion, on ait élevé d'un centimètre le niveau du ma-
à eau ; on regarde alors le déplacement de la ligne
ation des deux liquides dans le manomètre de Kretz
ndésir, et l'on voit combien cette ligne s'est déplacée.
ons dit que ce déplacement serait en ce cas d'environ
mètres.
., en quelques mots, la théorie de cet instrument et de
ications amplifiées.
sidérons les niveaux des deux liquides dans les boules
pareil. Au repos, ces niveaux sont sensiblement sur
me plan ; qu'une pression s'exerce sur l'essence de
nthine, de façon à faire équilibre à une colonne de
e d'un centimètre : un dénivellement se produira dans
eux boules et le liquide s'élèvera d'un centimètre du
le l'alcool.
ais, grâce au diamètre considérable des boules, ce léger

c
tu
ca
tra
rab
l'un
de c
Da
s'aba
pressi
ou *d'a*
mètre.
Une
cas où il
l'essence
une *certa*
colonne
plus dens
Dans ce
peu dimin
entièremen

EXPÉRIENC
la force cent
Lorsqu'un flu
tube *que l'on*
projette cette
produit quand
partiellement *e*
dans le tube un
au *moyen de l'e*
Supprimons le
tube manométriq
ment, c'est-à-*dire*
tourner l'appareil.
il s'arrête *bientôt*
mètres par exemp
ce qui équivaut à 1

est produite, comme nous venons de le
centrifuge ; on la voit en effet s'accroître
quand la vitesse augmente ; elle varie égale-
change la longueur du tube manométrique.
ion *centrifuge*, comme nous l'appellerons
la désigner brièvement, tient à la vitesse
ation du tube manométrique, nous devrons
uver, quelle que soit la position de l'ouverture
is devrons en tenir compte dans toutes les
la pression de l'air au voisinage du disque.
neutralisera donc, en totalité ou en partie,
ositives de l'air exploré ; elle exagérera au
dications des pressions négatives.

II. — *Mesure de la pression positive de l'air au*
e tournant. — Si l'on place le tube *m* au con-
du disque et à sa partie antérieure, de manière
ession de l'air en ce point, pendant la rotation,
que le manomètre reste immobile, et qu'il
rs zéro, c'est-à-dire la pression atmosphérique
le que soit la vitesse du mouvement. Or on
périence précédente, que la force centrifuge
le tube du manomètre une aspiration assez
spiration se produirait dans l'expérience pré-
xistait au-devant du disque une pression positive
aire à cette aspiration qu'elle neutralise entière-

les points de la surface du disque, l'exploration
me résultat : le manomètre reste fixé à zéro.
exploration exige des allongements et des
nents du tube manométrique, l'intensité de l'as-
rifuge devra varier avec la longueur de ce tube,
galité de pression se maintient pour tous les points
peut conclure qu'à la surface du disque tournant,

té singulière me sembla d'abord tenir à un hasard de l'expé-
ensais pas qu'elle existât pour toutes les vitesses de rotation
le rayon du cercle parcouru. Mais je reconnus plus tard que
iste toujours, de sorte que la force centrifuge toute seule suffit
r la pression de l'air contre un plan qui se meut d'un mouve-



la
par
A
l'on
celui
plus
Cela
consid
tion ce
on *retr*
la mêm
disque t
de la ré
moyen d'
qui s'*éloi*
diminue p
ainsi *déte*
devant le c
ce demi-ov
de même *p*
l'emploi d'u
d'une *march*
moyens dont

Expérience
tournant. — S
translation, *il*
trémité du tube
doit *obtenir l'in*
le manomètre.
même que celui
en une *aspiratio*
accuser une pres
force *centrifuge t*
C'est en effet ce
j'ai vu que l'aspira
siblement double d

(1) Cette distance m'a s
disque; *elle semble du re*

issait, avec la même vitesse de rotation. L'égalité de ces aspirations entre elles ne m'a pas toujours paru absomais cela tient peut-être à la difficulté de placer dans ppareil l'extrémité du tube explorateur au centre de la postérieure du plan P. Toutefois, dans un certain re d'expériences faites dans le laboratoire de M. Jamin, un moteur à gaz qui me permettait de renverser au le sens de la rotation de la plaque, j'ai constaté que ation de la force centrifuge et celle qui se produisait e la plaque tournante étaient très-sensiblement égales elles.

e première série d'expériences montre qu'avec des ls à marche prolongée et à mouvement uniforme, il s-facile de déterminer l'état de la pression dans tous ts où elle est modifiée par le voisinage d'un disque t. On pourra également déterminer l'étendue de cet où la pression est modifiée, et voir dans quel rapport avec la vitesse du mouvement rotatif.

, on pourra déterminer, pour chaque vitesse de rota endue de la zone marginale où l'air cesse d'être soumême pression que dans les parties plus centrales du

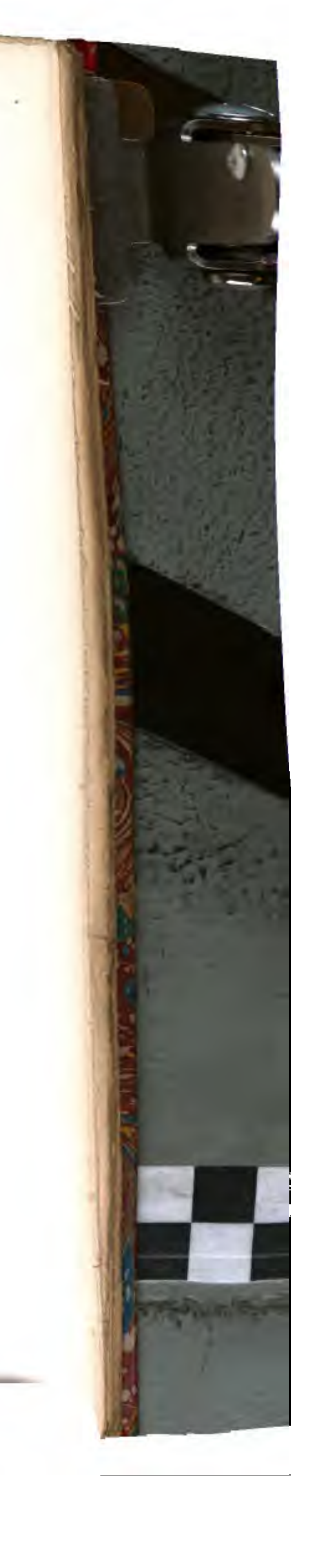
n fait beaucoup plus important résulte de ces expéc'est l'égalité qui existe entre la pression positive ve de l'air, en un point du disque tournant, et l'aspiitrifuge qui se produit dans un tube tournant avec vitesse que le plan, et ayant pour longueur la distance d entre le centre de rotation et le point exploré ace du disque. Si cette égalité se vérifie dans les es ultérieures, on aura le droit de substituer la l'aspiration centrifuge à celle de la pression, ce certains cas, constituera une simplification trèsse (1).

la rédaction de ce mémoire, j'ignorais que le même résultat eût r Athanase Dupré au moyen d'appareils tout différents de ceux loyés. On lit dans l'ouvrage de cet auteur intitulé : *Théorie la chaleur*, p. 441 : « La pression produite par la force centrins un tube rayon) est moyenne proportionnelle entre les preses par le mouvement en arrière et par le mouvement en eur a tiré de ses expériences des mesures de la résistance de

ati‑e *pn* que nous avons déjà vue se produire
plan tournant. Nous désignerons ces forces
par — *ac* et — *pn*.
;furent entièrement vérifiées, et j'obtins, pen-
de l'appareil, une certaine valeur pour l'aspi-
e — *ac*; il n'y eut aucun mouvement dans le
correspondait au tube ouvert en avant, de
at les prévisions, $-ac+pp=0$. Enfin, le tube
re donna une pression négative double de
que $-pn=-ac$.
ter ces résultats, je me servis de la méthode
s appareils manométriques enregistreurs écri-
l'état de la pression dans chacun des tubes. Je
les mots, décrire la disposition de ces appa-
riques. Ce sont les *tambours à leviers* qui m'ont
ns beaucoup d'autres circonstances (1) ; seule-
i sensibilisés pour les besoins de l'expérience

;ine une large cuvette de métal fermée par en
n d'une mince membrane de caoutchouc. Cette
rcée au fond d'un orifice d'entrée dans lequel
le tube manométrique.
sous une certaine pression dans l'intérieur de la
vera la membrane à une certaine hauteur, tandis
iré par le tube produira un enfoncement de cette
Ces mouvements, transmis par un levier muni
ont amplifiés et enregistrés sur un cylindre cou-
ier noirci à la fumée. Plus la pression positive
lus le soulèvement du levier sera grand, plus
par le tube manométrique sera énergique, plus
nt de la membrane sera considérable ; ce qui se
un abaissement de la ligne tracée.
indications de ce manomètre enregistreur sont
il faut les rapporter à celles d'un manomètre éta-
onc construit, pour chacun des instruments que
, une échelle graduée d'après un manomètre à

pour la description détaillée de ces instruments : *Du mouvement*
tions de la vie, p. 148. Paris, 1868, G. Baillière.



c(

F!

de
de

v(

l'
d
b
lo
s'
d
q
in

fa
tu
le
pr

se
da

ois

on rétablissait la continuité de ceux-ci, et
teint une vitesse de rotation uniforme, on
écrivant au contact du cylindre au moyen
ro-magnétique.

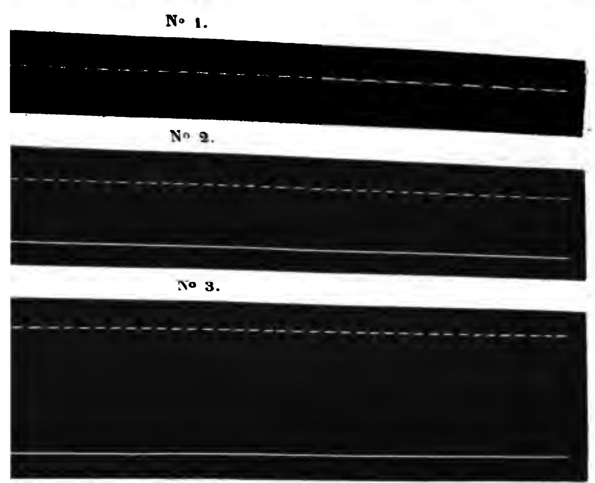


Fig. 112.

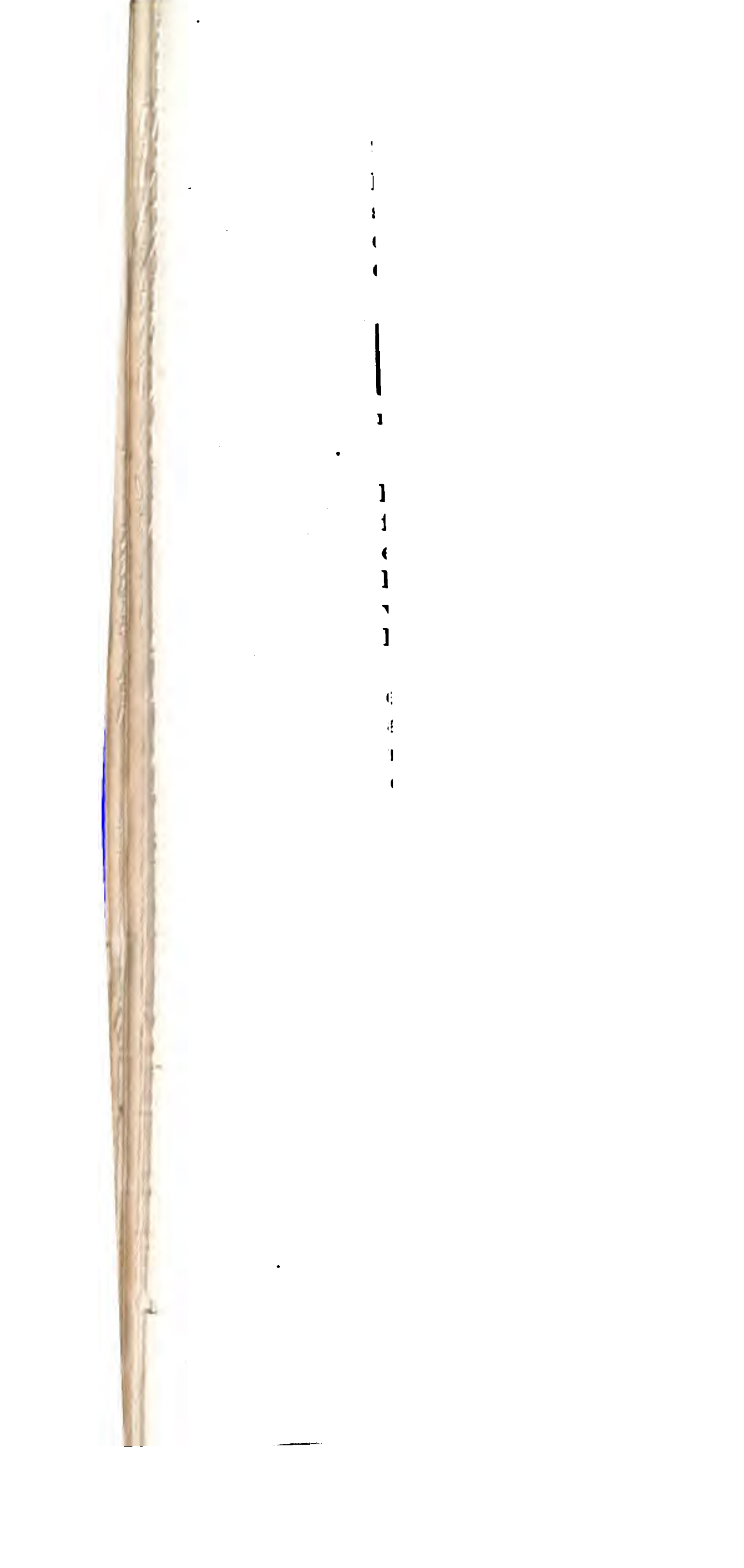
Indication du tube manométrique dont le bec est tourné en avant; il
a rotation de l'appareil.

L'appareil accuse, pendant la rotation, une pression négative : c'est la
centrifuge; elle est fournie par le tube qui s'ouvre suivant le prolon-

L'appareil accuse une très-forte pression négative; cette indication
iomètre dont le tube est tourné en arrière.

le l'entraînement de l'air par les appareils rota-
u, dans le graphique n° 1, que le tracé qui cor-
lication du manomètre ouvert en avant se confond
ec la ligne du zéro. Dans certaines expériences
ès-rapide (le bec du manomètre parcourant envi-
s par seconde), j'ai constaté un dédoublement de
g. 113), de telle sorte que, pendant la rotation, le
un peu au-dessous de zéro, accusant une légère
itive qui équivalait à un peu moins d'un milli-
Je ne savais d'abord comment expliquer ce phé-
était très-inconstant.
us remarquer qu'il se produisait surtout lorsque





ı l'estimation des pressions était tout simple-
r, du premier coup, la rotation au manége et
ut de suite la pression, dans les cas où l'on
es effets d'une rotation rapide. En employant
s, je vis cesser toutes les incohérences qui
uelques-uns de mes résultats.

*pressions positives et négatives d'après l'aspira-
Application à la théorie de la résistance de l'air.*
ns constantes qui existent entre l'aspiration
nie par le tube manométrique ouvert suivant
anége prolongé, et les pressions positives ou
rnies par les deux autres tubes, permettent de
ore les conditions de l'expérience. Il suffira en
ourner le tube à aspiration centrifuge tout seul,
du tracé manométrique correspondant la valeur
que signaleraient les deux autres manomètres.
tte méthode est préférable, puisqu'il est évident
aspiration centrifuge est à l'abri de toute in-
rbatrice de l'entraînement de l'air.
u, dans les expériences de la première série, que
centrifuge est égale aux pressions positives et
i se produisent en avant et en arrière d'un plan
ı pourra donc, d'après l'aspiration centrifuge toute
ire les pressions inverses qui s'observeraient sur
ces opposées de ce plan. En prenant deux fois la
'aspiration centrifuge, on aura la somme de ces
ons inverses qui agissent sur chaque élément de
ır en retarder la translation. Enfin, si l'on multiplie,
face tout entière, cette résistance qui s'oppose au
t de chaque point, on devra obtenir la valeur de la
de l'air contre un plan tournant avec une vitesse
e.
ort de la résistance de l'air à la vitesse du mouve-
e point intéressant à étudier ; il faudra donc intro-
s l'expérimentation un élément de plus : la détermi-
oureuse de la vitesse du mouvement rotatif du tube
ique à aspiration centrifuge.
sique moderne s'est enrichie de méthodes très-pré-



cise
certa
exac
suiva

III

La con
l'espace p

A) *Mes*
parcouru,
gistreurs q
tent, *avons*
le cylindre
central. Il s
cylindre *un*
l'extrémité d
longueur de l
rapport const
tubes manomé
lindre au *rayon*
$0^m,06$ de rayon,
tres ; *le rapport*
cylindre une lon
on saura que, p
mité des *tubes ma*
timètres. Reste à
pour *parcourir cet*

B) *De la mesur*
nographe. — Depu
sique, l'emploi *de*
diapason inscripteur
très-courts, *cette mé*
sion considérable. J'a
physiologie, où elle se
vices. Mais, l'emploi
facile ; souvent mêm

rant, soit à cause du poids de cet appareil.
'expérience qui nous occupe, il s'agit d'avoir
t cent fois par seconde, qui vienne tracer ses
é des lignes qui expriment l'état de la pres-
n des manomètres. J'ai réussi à obtenir cette
emps au moyen du chronographe qui sera
ure. Voici un spécimen des tracés ainsi obte-



iration centrifuge — *ac*, avec deux vitesses différentes de rotation
sinueuses inscrites en haut de ces tracés sont fournies par le
à mesurer la vitesse de rotation. On n'a représenté que la lon-
1/5e de seconde.



e qui représente la valeur de l'aspiration
e rotation très-lente (à gauche de la figure),
on rapide (à droite), on voit également ins-
chronographe qui donne cent vibrations
de. Or, suivant la vitesse de rotation de la
ions occuperont des espaces bien différents.
par exemple, vingt vibrations sur chacun
es, ce qui correspond, dans les deux cas, à
us verrons que ce même espace de temps
premier graphique à un centimètre, et dans
timètres. Quand le chronographe est adapté
s inscripteurs sur le manége, on se sert de
ttre en communication électrique avec la
vement de rotation du système.

fc
de
se
tim
sec
étai
vite
V
Un
repré
Comm
il faut
propre
place à
vis de r
reil de fa
oscillatio



FIG. 118. — (

ments d'une maniè
l'électricité.

Une virole de fer d

it sur cette virole qu'agiront tour à tour deux bobines
·tro-magnétiques. La figure montre le style F entre les
x bobines qui l'influencent. Il s'agit de lancer tour à tour
; chacune de ces deux bobines un courant électrique qui
ra un demi-centième de seconde. De cette façon, à
ue centième de seconde, le style se portera dans deux
tions opposées, c'est-à-dire exécutera une oscillation
e.

ıvoi alternatif des courants dans les deux bobines se fait
yen d'un diapason de cent vibrations doubles, disposé
ıanière suivante :

une table (fig. 116) sont représentées les pièces néces-
ì cette transmission électrique. C'est, d'une part, une
le de Grenet, dont l'un des fils se rend à un diapason,
ıanche duquel le courant pénètre. De là, le flux élec-
› continue par une des branches du diapason et par
; *frotteur* qui la termine. Or ce ressort, pendant la
du diapason, passe alternativement sur deux con-
latine isolés l'un de l'autre, qui, par deux fils métal-
voient le courant tour à tour aux deux bobines
gnétiques qui influencent le style du chronographe.
s ces bobines, le courant s'en échappe par d'autres
ıunissent bientôt en un seul. Ce fil de retour unique
› le second pôle de la pile.
lans la figure 115, ces fils électriques au moment
ıt par trois bornes de la partie inférieure d'un
à la base du chronographe et près de son sup-

signés par la lettre *p* se rendent aux deux pôles
ile. L'un s'y rend directement, c'est le fil qui
— (fil commun de retour des courants qui ont
ou l'autre bobine). Les deux autres fils, qui
e + et qui sont représentés tordus en une spi-
se rendent indirectement à la pile en traversant
s contacts de platine, le style du diapason, et
nême, ainsi qu'il a été dit.
; électriques et la grosse pile représentés dans
destinés à d'autres usages dont nous allons



C

chr

autr

un n

nogr

mine

com

F, a

nogra

par la

resso

le sty

Ce

le non

tièrem

constr

utes ; mais comme la moindre détériora-
altérer, il faut pouvoir le rétablir, ce que
de la vis de réglage qui change la lon-
vibrante.

our faire un réglage approximatif suffisant
n vibration ; mais, si le réglage est impar-
l'existence de battements que l'on fait
rnant légèrement la vis, dans un sens ou
à ce que l'égalité des vibrations soit par-

piration centrifuge pour différentes vitesses
ications à la mesure de la résistance de l'air.

e série d'expériences, dans lesquelles on
ent rotatif des vitesses différentes, et dans
eille à la fois le *tracé des vitesses* et celui des
ges, on obtient tous les éléments nécessaires
n d'une courbe qui exprime le rapport que

cédemment que, de l'aspiration centrifuge,
e la pression qui s'exerce sur les deux
un plan tournant, et qu'en multipliant
eux pressions par la surface d'un disque,
r totale de la résistance que l'air oppo-
ent de ce disque. Il sera donc possible,
vitesse et celui de l'aspiration centrifuge,
e des résistances de l'air pour une
carré animée d'une série de vitesses diffé-

recueillis dans mes expériences, j'en ai pris
qui correspondaient à une série de vitesses
inant, pour chacun de ces tracés, la vitesse
istance de l'air, j'ai obtenu ainsi une série
be des pressions rapportées aux vitesses.
simple qui permet de déterminer pour
sse et la résistance :
la figure 114 où l'on voit deux de ces tra-

millimètres occupés par 20 vibrations du chronographe.



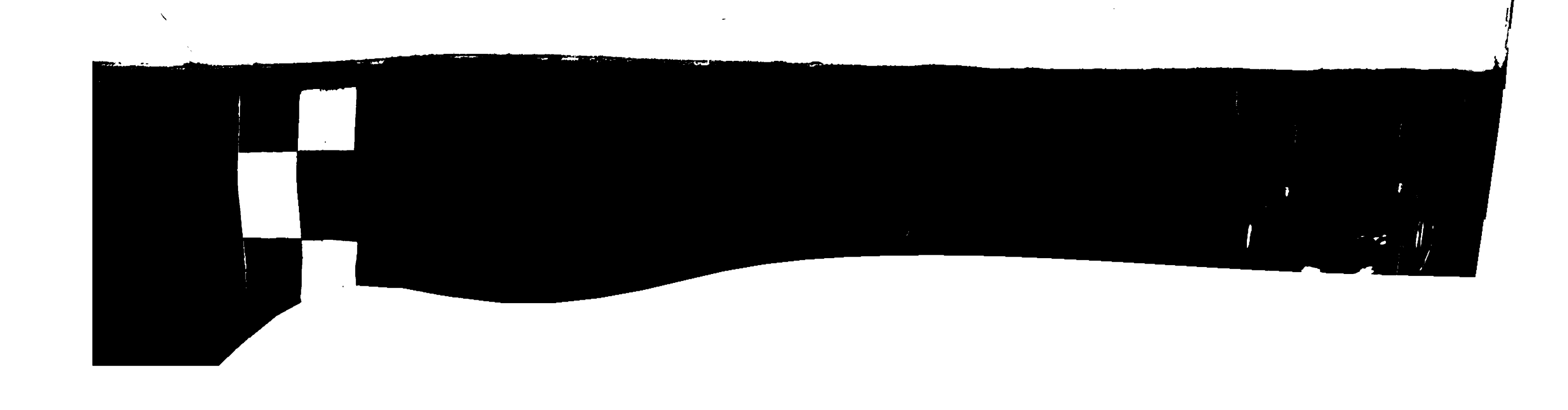


Fig. 118. —TABLEAU II. — La courbe construite par une série de points dont chacun porte un numéro d'ordre exprime l'accroissement de la pression au devant d'un plan d'un mètre de surface, pression calculée d'après l'aspiration centrifuge. — La courbe construite au-dessus de celle-ci par une série de points sans numéros d'ordre a des ordonnées doubles de la précédente; ce serait celle de la résistance de l'air d'après les expériences. — La courbe pleine exprime la pression de l'air au devant d'un plan, en admettant, pour un mètre carré de surface animé d'une vitesse d'un mètre, une pression de 65 grammes et en supposant que cette pression croisse comme le carré des vitesses. — Enfin, la courbe supérieure formée de traits serait, d'après la même hypothèse, celle de la résistance de l'air.



le longueur sur l'axe des abscisses, et
e de pression à 5 millimètres sur celui des

sentée tableau II est ainsi obtenue ; elle per
ur les vitesses comprises entre 3 et 15 mè-
le l'air ne croît pas tout à fait comme le
ce qui était admis par la plupart des au-
la résistance de l'air pour l'unité de surface,
transportant avec une série de vitesses
it en doublant la valeur de la pression en
endu qu'en arrière de celui-ci il existe une
gale à la pression positive et agissant comme
le mouvement du disque. Cette courbe,
ts, se trouve sur le tableau II au-dessus de

. Mascart, ainsi que M. Moutier, étaient
tats concordants, et évaluaient l'aspiration
ammes, pour une vitesse d'un mètre par
tte donnée expérimentale que je leur avais
que l'aspiration centrifuge est égale à la
au-devant d'un plan tournant. La courbe
ette valeur de 65 grammes pour la pression
plan d'un mètre de surface, animé d'une
, en supposant que la pression croisse
s vitesses, est représentée sur le tableau
Pour obtenir la valeur théorique de la ré-
a doublé ce coefficient ; car la résistance de
a fois, par la pression positive qui s'exerce
e et par la pression négative qui existe en
s calculées diffèrent sensiblement de la
le, surtout quand la vitesse de rotation du
nètres par seconde.
appé sans doute d'une grave imperfection
j'ai employés dans les expériences pré-
des pressions indiquées par les mano-
est beaucoup trop petite, et, malgré sa
timations difficiles et peu sûres. Il serait
si l'on employait la méthode graphique à
enre. Au lieu d'un tambour à membrane

s

I

et
ab
sai
ail
d'a
cou
I
crit
que
d'ai
plus
blait
pour
Je
concl
des *o*
ne pc
manq
mente
Cett
c'est
représ
L'air
de l'*ine*
prolong
puis acq
quand l
Si l'on
lation ur

1) *Bibli*

moyen d'un dynamomètre inscripteur placé
ue, constater la résistance de l'air aux dif-
mouvement. On voit alors : 1° une résis-
au début du mouvement, c'est l'effet de
ınne d'air que le disque tend à déplacer ;
lus faible qui se maintient pendant toute la
ıent ; 3° une tendance à l'entraînement du
ıi-ci s'arrête : cet entraînement est dû à la
la colonne d'air mise en mouvement.
ıce que l'air présente au mouvement d'un
d'un *régime régulier* précédé et suivi de
s. Le régime régulier est ce que les diffé-
teurs ont cherché à mesurer ; c'est lui que
r dans les expériences précédentes ; c'est à
iquent toutes les estimations données de la
à un mobile animé de différentes vitesses.
é que, pendant l'état variable initial, la ré-
ıtteint son maximum, il est clair que l'aile
ı trouver sur l'air un point d'appui plus
; toute la durée de son abaissement, elle
ıs les conditions initiales. Or, par suite de
'oiseau, l'aile, à chaque instant de sa des-
ıur une nouvelle colonne d'air qu'elle tend
par suite de la faible durée de la pression
cune de ces colonnes d'air n'a pas le temps
se de l'aile ; elle se comprime donc, et pré-
maximum de l'état variable initial.
cette théorie par des expériences ; je les
'entes manières, et j'ai toujours constaté cet
la résistance de l'air se traduisant par un
mouvements de l'aile (1).
l'expériences. — J'ai construit un oiseau
ailes étaient actionnées par une pompe à
le qui a servi pour le schéma de l'insecte,



ıntai le résultat de ces expériences à l'Académie des
rgne adressèrent une réclamation, et prouvèrent, en
liqué cet accroissement de la résistance de l'air sous
ation de l'oiseau. Il ne m'en a pas moins semblé indis-
.te théorie par des expériences, et surtout de donner
roissement de la résistance de l'air par la translation.

m
l'e
im
ve
ail
osc
ext
C
san
tud
Or,
dan
adm
pliqu
ailes
mou
Du
rienc
du m
graph
La
obtenu
est fai
nograp
sentée
mesure
de *cha*
de l'ail
Deux
vement
bation c
sur *des*
tiligne.
Pour
la dispos
plan min
Ces *deux*
moment
Un *travai*

nachine
t sur un
alement

lies pla-
nités de
st mise
e d'une
nt une
l'un des
ı fil de
oiseau.
rde qui
ıne vi-
lus ou
ıgit de
on cette
ı et la
nt des
phique
moyen
ante :
ıses de
ine. —
re que
fin qui
t. Or,
ur une
tours
its sur
t, au
fonc-
ıme le
poulie
e des
0^m,40
porte,
rimè-
étalli-



Fig. 119. — Tracé des oscillations de l'aile de l'oiseau artificiel. Au dessous, vibrations du chronographe. On voit de gauche à droite les changements produits par l'accroissement de la vitesse de translation de l'oiseau. (Réduction photographique.)



Fi

in
de

ı début de cet abaissement, un courant de
qui est signalé par un changement dans la
ylindre, et qu'à la fin de l'abaissement des
t fermé de nouveau, ce que l'inscripteur

ltanément le tracé des vitesses de transla-
ées d'abaissement des ailes, et l'on obtient
nations dont la figure 120 fournit quelques

La ligne supérieure *a* indique la durée de
iles ; en prenant cette longueur sur l'é-
ı voit que l'abaissement de l'aile durait
onde. Dans cette expérience, il n'y pas eu
'oiseau : la ligne *b* ne présente aucune

– La durée de l'abaissement des ailes
ıs grande ; elle excède une demi-seconde.
alors de 3 mètres par seconde. On s'en
u compas sur la ligne *b* la longueur qui
hangements de direction de la courbe, ce
[fois $0^m,20$, c'est-à-dire un mètre, ont été
e cette longueur sur l'échelle des temps,
e, dans une seconde, elle est contenue
n voit donc déjà que la durée d'abaisse-
ıvec la vitesse.
[V, V, VI. — Dans ces autres expériences,
ıême manière, on trouve que la durée de
ıile s'accroît toujours quand la vitesse de
te, et qu'avec une vitesse de $5^m,50$, l'a-
dure environ une seconde.
possible de trouver un rapport parfaite-
a vitesse de translation et la durée de
le. Des expériences faites dans des con-
présentent parfois de légers écarts qui
moindre oscillation du fil de fer qui sert
ement la durée du phénomène. D'après
il semble toutefois que la durée de l'a-
croisse proportionnellement à la vitesse
; les limites de vitesse sur lesquelles j'ai

l
l
r
s
d
ti
e
c
ti

se
li
l'l
ra
pa
an
es

effets de la translation de l'oiseau pour
l'appui sur l'air se rattachent au cas plus
clinés qui se déplacent en faisant un angle
ec la direction de leur mouvement. Les
ccupés de ce genre d'études, MM. Wen-
énaud, etc., s'accordent à admettre que
s formés par le plan avec la direction de
ent les conditions les plus favorables. On
supposer que des vitesses de translation
des que celles que j'ai pu employer
gmenté considérablement la durée de
le, en augmentant la résistance de l'air.



VII.

ODE GRAPHIQUE DANS LES SCIENCES
:XPÉRIMENTALES (SUITE) [1].

· — Rapports de l'espace au temps.

· — Vitesses. — Expression graphique des changements
be des vitesses. — Appareils inscripteurs d'un mouvement
ations que doivent recevoir ces appareils suivant la vitesse
nouvement.

de l'espace au temps. — Nous avons considéré
notions d'espace et de temps ; nous avons vu
:thode graphique introduit de précision dans la
ns l'expression de ces deux éléments de tout
t avec quelle clarté elle les exprime. Passant à
us complexe, nous allons étudier les applications
e graphique à la mesure et à l'expression des
l'espace au temps.
ème mécanique offre à considérer le déplacement
corps, l'espace qu'ils ont parcouru à certain
a vitesse avec laquelle ils se meuvent. La géo-
tique possède depuis Descartes l'expression par-
rapports.
bes construites dans le système des *coordonnées*
: permettent d'exprimer les positions que le corps
successivement dans une série d'instants ; elles

122.

es temps; l'autre vertical (axe des ordonnées), sert r les espaces parcourus.
rendre un exemple simple (fig. 121), comptons les secondes sur l'axe horizontal OX et les espaces en r l'axe vertical OY. Si nous voulons exprimer que le mouvement parcourt un mètre par seconde, nous in- ; la position de ce corps à la fin de la 1re seconde par qui sera situé à l'entre-croisement de deux lignes, ulaires chacune à l'un des axes coordonnés et pas- ; par la 1re division du temps, l'autre par la 1re divi- space. Au bout de la 2e seconde, la position du corps inie par un 2e point placé à l'intersection de deux allèles aux précédentes et menées, l'une par la 2e di- temps, l'autre par la 2e division de l'espace. Une sé- nts de ce genre définira la trajectoire parcourue par Cette série de points OA, tendra à se transformer ne continue quand les déterminations des positions es du corps seront faites à des intervalles de temps n plus courts, par exemple, à toutes les demi-secon- ous les 1/10 de seconde.
apports de l'espace au temps sont différents ; si, ple, le corps parcourt 2 mètres par seconde, sa tra- era exprimée par la ligne OB passant par l'inter- s perpendiculaires 1, 2, 3, etc., élevées à chacune des du temps avec les lignes 2, 4, 6, etc., perpendicu- axe des ordonnées.
vitesse du mouvement sera grande, plus la trajec- approchera de l'axe des Y (ordonnées) ; plus la vi- faible, plus la trajectoire se rapprochera de l'axe des es). Ainsi, quand le mouvement du corps qu'on étudie me, sa trajectoire se traduit par une ligne droite, oins oblique suivant la vitesse, et s'approchant d'au- le la verticalité que la vitesse est plus grande.
le mouvement est varié, la trajectoire change à cha- nt d'inclinaison et mérite réellement le nom de on donne, d'une manière générale, à tous ces tracés ment.
uvement accéléré ascendant se traduit par une courbe é supérieure ; un mouvement diminué par une courbe

à c
rep
(
ces
me
vit
un
bes
§
pla
cer
ve
un

lec
tou
qu
de

(
par
for
Da
lig
tar
ex
né
ni
lig
vi

pr
où
cc
re
l'a
tr
m
s
fc
c

o
z
t

le inspection du graphique, le lecteur aperçoit le t complet qui se fait sur la ligne : le nombre des tuation de chacun d'eux à un moment donné ; leur tive, les points où ils se croisent, les arrêts plus ongs, etc. ; on ne saurait trop admirer la simplicité ie graphique a introduite dans une chose aussi .

nouvement des trains de voyageurs de la grande Paris et Lyon est compris dans ce tableau, qui cor- lusieurs pages de l'*Indicateur* ordinaire. A l'usage ès de la ligne, ces tableaux comprennent aussi les marchandises sous forme de lignes ponctuées. n porte un numéro d'ordre. Ces tableaux sont si l'on ne saurait, sans leur secours, se reconnaître lu mouvement, aujourd'hui si compliqué, des es ferrées.

ils inscripteurs du mouvement. — Les courbes t de voir quelques exemples sont construites géo- it d'après les document fournis par des observa- ives. C'est parfois un travail considérable que de ourbes de ce genre. Aussi, doit-on considérer ogrès considérable l'invention d'instruments qui t-mêmes la courbe des espaces parcourus.
ncelet et au général Morin qu'on doit le premier e genre, figure 123 ; il était destiné à inscrire le les corps qui tombent sous l'action de la pesan- ps qui tombe porte un style qui trace sur un nant uniformément autour d'un axe vertical ; la de ces deux mouvements perpendiculaires l'un nt l'un est uniforme et l'autre uniformément ine naissance à une courbe parabolique, d'où nent toutes les lois de la chute des corps si la- dégagées des expériences de Galilée, d'Atwood es physiciens. Nous parlerons plus loin des ues dans ces expériences.
opliquer à un grand nombre de cas la méthode irecte du mouvement, j'ai adopté quelques dis- culières qui vont être décrites.

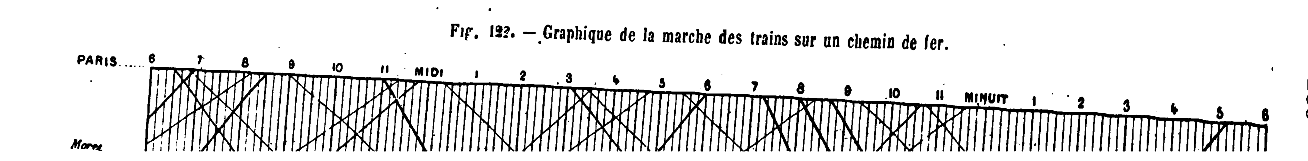


Fig. 122. — Graphique de la marche des trains sur un chemin de fer.

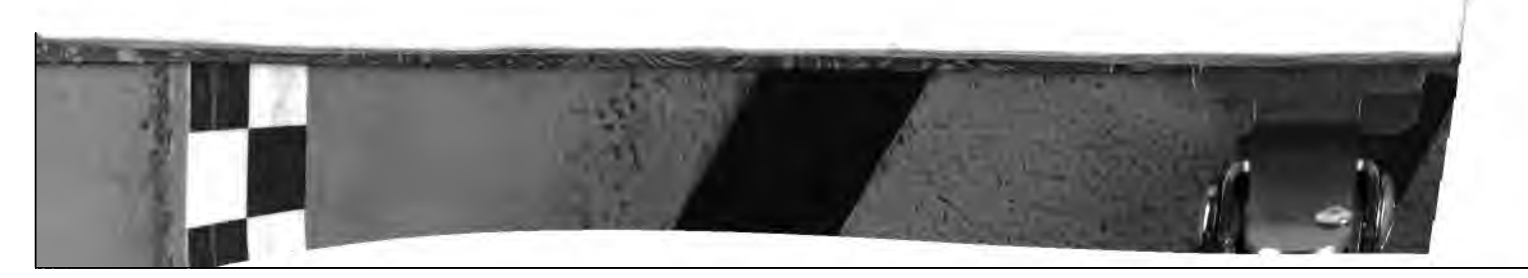
… heures du matin et finissant le lendemain à la même heure. … tableau est telle, que les 24 heures du jour y sont repré- … heures, partagées

Si l'on voulait exprimer qu'un train est sur un certain point de la ligne à une certaine heure, on pointerait sa position sur le tableau, en face de la station ou du point quelconque de la ligne qu'il occupe, et sur la division du temps convenablement choisie. Un seul point du tableau satisfait à ces conditions. A des instants successifs, le train occupera des points toujours différents du tableau; la série de ces points donnera naissance à une ligne qui sera descendante et oblique de gauche à droite pour les trains venant de Paris, tandis qu'elle sera ascendante et oblique dans le même sens pour les trains montant sur Paris.

La ligne qui correspond à chacun des trains exprime : les heures de départ et d'arrivée, les vitesses relatives et absolues des trains, l'instant des passages à chacune des stations, et la durée des arrêts.

En effet, si nous considérons un train en particulier, nous voyons que de la station de Paris, un train part à 11 heures du matin ; si nous suivons ce train dans sa marche descendante, nous constatons qu'il subit 7 arrêts (pendant lesquels il ne se déplace plus suivant l'espace, mais seulement suivant le temps. Ces arrêts se traduisent par la direction horizontale de la ligne en face de la station où ils se produisent ; la longueur de cette ligne horizontale mesure la durée de l'arrêt. La ligne du train, suivie jusqu'à la fin, montre que l'arrivée se fait à 10 heures 10 minutes après midi ; or si l'on compte les parcours sur l'axe des ordonnées, on voit que 512 kilomètres ont été parcourus en 11 heures 10 minutes, arrêts compris, ce qui fait une vitesse moyenne d'environ 46 kilomètres à l'heure.

On voit de même que le train partant de Lyon à 6 heures 55 du matin arrive à Paris à 6 heures du soir. Cette ligne croise celle que nous venons de décrire entre les stations de *Tonnerre* et de *Laroche ;* en ce point a lieu le croisement de l'express qui monte avec celui qui descend. Les vitesses relatives de tous les trains sont faciles à saisir du premier coup d'œil, d'après l'inclinaison des lignes qui représente la marche de chacun. Plus cette marche est rapide, plus la ligne qui l'exprime s'approche de la verticalité. De plus, on a représenté par des traits plus forts les trains à marche rapide.



ch
dis
cri
tre,
De
avec
ment



Fig. 123. — Machine de Po

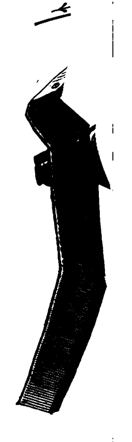
J'ai dit toute l'im
tion des appareils ;
nombre, on ne peut

er à l'inscription de tous les mouvements. La re et l'amplitude des déplacements du style eptibles de varier suivant les circonstances. mouvement très-lent qui mette une heure, faire parcourir au style la longueur du cy- sons que celui-ci fasse un tour à la minute lacement complet du style, le cylindre fera et au lieu d'une courbe unique, portera soixante inclinées qu'elles sembleront être parallèles isses. Pour obtenir une courbe unique qui per- r le mieux possible la nature du mouvement il faut égaler autant que possible la vitesse du du style. L'emploi d'un cylindre faisant un tour it la meilleure disposition à prendre dans le cas éciproquement, quand il s'agit d'inscrire un mou- rapide, on devra donner au cylindre une grande ou plusieurs tours à la seconde.

mouvement à étudier, son étendue plus ou moins ose également certaines modifications des appa- est bien entendu que nous n'avons en vue, pour le ue l'étude des mouvements simples, c'est-à-dire c en ligne droite, dans un seul sens ou dans deux ents. — Pour être inscrits directement et avec leur aturelle, il faut que ces mouvements n'excèdent pas ur du cylindre, ce qui n'arrive que dans un petit e cas. Le plus souvent, pour ramener le mouvement ndue convenable, il faudra le réduire ou l'amplifier. la disposition qui m'a paru répondre à toutes les né- de l'expérimentation.

ment du cylindre. — Au lieu de relier le cylindre uvement d'horlogerie capable, tout au plus, de lui im- trois ou quatre vitesses différentes, je munis l'axe du e d'une poulie dont la gorge reçoit une corde sans fin. t la nature du mouvement qu'on veut étudier, on adapte le motrice à des rouages plus ou moins rapides, depuis ge qui donne un tour en une journée, jusqu'au moteur e qu'une manivelle commande et qui peut exécuter un nombre de tours en une seconde. Quand on se sert de urs à marche uniforme, on peut régler la vitesse en va-

ri
sic
cy
cer
con



Mou
le style
du cyli
moyen
gure 1
porte en
excentri

(1) Une
cylindre q
comme mo
nant. Suiva
moins éloi
plus ou mo
plus loin p

(2) Les r
mum de *rig*
sorte élastiq
des autres e

ì toucher la surface enfumée, sans donner naissance à des rottements sensibles.

Les roues du chariot sont horizontales, et la gorge circu-aire qu'elles portent reçoit l'arête des rails $r\,r$ entre lesquels lles roulent, en exerçant une légère poussée latérale qui tient e chariot suspendu (1). Ce chariot curseur est fait en alumi-nium, afin d'offrir le moins possible d'inertie quand on lui im-rime un mouvement rapide.

Tel qu'il vient d'être décrit, le curseur est susceptible de ecevoir des mouvements dans les deux sens. Il s'agit de lui ansmettre ceux que l'on veut étudier. La disposition la plus ommode consiste dans l'emploi d'un fil qui tire le chariot ans un sens, tandis qu'un autre fil, attaché à un ressort an-tagoniste, exerce une traction de sens contraire (2).

On a déjà vu, fig. 67, les effets de cette disposition qui permet e transmettre, au moyen d'un fil, un mouvement de va et vient. lle est d'un emploi commode dans un grand nombre de cas.

Moyens d'amplifier ou de réduire le mouvement qu'on veut scrire. — Lorsqu'il s'agit de réduire à la longueur du lindre un mouvement de grande étendue, on se sert de pou-es ou d'engrenages disposés de façon convenable. J'ai cher-é, autant que possible, à réduire ou à amplifier les mouve-ments suivant des rapports simples : dix fois, cent fois, ille fois leur valeur réelle.

Enfin, quand le mouvement qu'on doit inscrire est très-ble, on l'amplifie au moyen d'un levier simple, ou du nbour à levier précédemment décrit. On l'inscrit alors di-ctement sur le cylindre. Les dispositions à prendre,

) Pour rendre le chariot visible dans la fig 124, on a représenté le rail an-eur rompu à sa partie moyenne.

) Quand l'étendue des mouvements doit être considérable, on doit craindre pour une excursion aussi grande, la force du ressort ne soit pas constante, qui troublerait les résultats. On se sert alors d'un contrepoids P pour rame-le chariot; mais afin d'empêcher les effets de l'inertie de ce contrepoids, on ispose de manière à rendre sa vitesse presque nulle. La corde qui le sup-e s'enroule autour de l'arbre même de la poulie p qui tire le fil du chariot. diamètre de l'arbre est très-petit et celui de la poulie très-grand, le nent d'inertie du poids est négligeable, mais doit employer alors un poids z lourd (200 ou 300 grammes quelquefois).

pour chacun des
propos des appli
des mouvements

V. — Appli
des

Expériences sur la
vitesses entre deu
actes musculaires.

Parmi les m
phique et des
je choisirai s
de la physiolo
taines expérie
ment aptes à
Je mention
Poncelet et M
quelle la mét

Fig. 125. — Dis
so

A) *Chute*
représenté
tombe, il s
inextensib
chariot. U
maintenan
On fait al
sur le pa
écrire le

chariot. Aussitôt le poids est livré à la pesanteur, ›n entraînant d'un mouvement accéléré le chariot yle trace sur le cylindre une courbe parabolique. yser cette courbe, le chronographe fournit les me- temps, pendant que les espaces se comptent sur verticale qu'on trace après coup, en faisant courir t quand le cylindre est arrêté (1). uvement de la chute d'un corps n'a pas besoin d'être

126. — Courbe de la chute des corps. 1. Chute sous l'influence de la *pesanteur*. 2. Chute 'influence d'une force égale à la *moitié* de la pesanteur. 3. Chute sous l'influence d'une égale *au double* de la pesanteur.

Il est commode d'employer à cette expérience du papier quadrillé divisé métriquement, soit que la couche de noir de fumée très-mince laisse voir livisions du papier, soit qu'on n'enfume pas le papier et qu'on se serve r tracer d'une plume chargée d'encre.

inscrit
durée
lique d
des ter
La di
sement
riot et
disposit
courant
moment
crites *fi*
consécu
toutes e
figure 1

Courb
le cylin
lectro-a
le cylin
de l'éle
fig. 126
Mais
ou plus
plus gra
courbe

Courb
ou moin
stante, e
par exe
changer
fil de ca
gera pas
ment du
force co
convena
velopper
Suppo
fig. 125

fil de caoutchouc très-long : si le poids pèse
ıes, le fil de caoutchouc qui le supporte dévelop-
ssairement sur le chariot une force qui sera aussi de
nes. Cette force imprimera au mobile des vitesses
suivant la masse du mobile lui-même.
ıariot pesait 100 grammes, la traction du fil élas-
imprimerait précisément la même vitesse que la
; mais si le chariot, au moyen de masses addition-
ait porté au poids de 200 grammes, la traction du fil
chouc ne lui imprimerait plus qu'une accélération
moindre que celle de la pesanteur, c'est ce qui est
té par la courbe n° 2.
si le chariot allégé et réduit au poids de 50 gram-
t sollicité par la traction du fil égale à 100 grammes,
ation serait double de celle que produit la pesanteur;
si qu'a été obtenue la courbe n° 3.
ıchine d'Atwood et le plan incliné de Galilée permet-
réaliser ce ralentissement de la chute correspondant
iminution des effets de la pesanteur, mais je ne crois
on ait encore obtenu, comme dans la courbe 3, une
lus rapide que celle que produit l'action de la pesan-
ut entière.

'itesse des masses en mouvement. — On peut également, sur
it parcours comme celui du chariot sur ses rails, détermi-
vitesse d'une masse en mouvement. On remplace alors
riot par la masse elle-même qu'on munit de galets pour
e glisse entre les rails et d'un style qui trace sur le pa-
Puis, imprimant au cylindre une vitesse de rotation con-
le que le chronographe contrôle, on donne à la masse
ulsion dont on veut connaitre les effets. Cette masse de-
une sorte de projectile qui franchit la longueur du cy-
e, en un temps plus ou moins long, et vient amortir sa
se contre l'obstacle placé à l'extrémité de sa course (1).
racé qu'on obtient est sensiblement une ligne droite, à

(1) On emploie avec succès la disposition suivante. Le mobile se termine
ne pointe peu aiguë qui vient s'implanter, à la fin de la course, dans un
eau de bois tendre. Le mobile est ainsi arrêté sans choc et sans rétro-
ation ni rebondissement.



moins que les
qui altèrerait
cette ligne me
L'un des p
étudier par ce
d'un mobile à
mesurer la du

Fig. 137. —

C) *Mesure d*
on prend deu
plus haut ;
cées sur le r
elles sont en
l'une de l'au
On place l
rir, tandis q
balète qui le
alors au cyli
graphe. Le
ligne circul
l'arbalète et
jectile parco
mobile au *l*
ligne circul
représenté

(1) Pour *obt*
mobile d'avant
des mobiles *q*

;ure, la ligne oblique a' est tracée par le mo-
son inclinaison mesure la vitesse du mouve-
tion. La ligne horizontale a'' est tracée par le
e choquant lorsqu'il a perdu sa vitesse. La
ale ponctuée était tracée au commencement
par le mobile d'avant ; celui-ci, après le choc,
e oblique b'.

ces deux lignes obliques, droites et sensible-
es l'une à l'autre, expriment que le mouvement
s mobiles était uniforme et que le corps choquant
presque totalité de son mouvement au corps cho-
la rencontre, le mobile choquant n'a plus eu
vitesse a' qui s'est éteinte bientôt (1).

a durée du choc, elle se déduit de la distance hori-
sépare le point où s'arrête le mouvement du corps
celui ou commence le mouvement du corps cho-
cette figure 127, l'intervalle qui sépare le tracé de
stants est d'une brièveté extrême ; l'œil a peine à le
et l'on voit aisément qu'il représente une étendue
dre que celle qui correspond à 1/500e de seconde
a chronographe. Les expériences assez nombreuses
ites à ce sujet m'ont fait voir que dans le cas où deux
e bronze se rencontrent, la durée du choc est infé-
1/25000 de seconde.

au partage de la vitesse entre deux mobiles qui se
t, elle n'est pas moins intéressante à étudier. Dans
nce précédente, les masses étant égales et l'élasticité
s étant presque parfaite, la force vive passait presque
tière de l'un à l'autre (2). Mais, au moyen de masses
nnelles qu'on fixe à l'un ou à l'autre des mobiles,
fortes vis, on peut donner à l'un d'eux une masse
de l'autre ; si le corps choquant est le plus lourd, les
nobiles se mettent en marche avec des vitesses diffé-
. Dans le cas inverse, le corps choqué prend une vi-

ette conservation d'une partie de la vitesse de la première masse n'ar-
'autant que les substances qui se choquent n'ont pas une élasticité
e.

e corps choquant ne parcourt plus après la rencontre qu'un espace
lques millimètres et accomplit ce trajet avec une vitesse très-faible.

c
c
la

qu
fo
te

pa
atta
tra
cur
une
rail
O
rapi
rien
duit
loppe
spéc
une
verro
la rap
avec l
Qua
les mu
nouille
sera q
leviers

(1) Je n
les vitess
faces de c
(2) Il fa
sa tension
ment tracé

des végétaux. — Nous avons examiné les
a méthode graphique se prête à l'inscrip-
s très-rapides ; pour compléter l'exposé de
ous la montrerons aux prises avec des mou-
nde lenteur. L'accroissement des végétaux
es les plus frappants qu'on puisse choisir.
73, je choisis une tige de *Polonia* dont la
l m. 40, et, l'appliquant contre un solide tu-
l'aisselle d'une des feuilles les plus hautes un
n agissait sur un style écrivant (1). L'appa-
fonctionné deux jours et deux nuits consécu-
a le tracé fig. 128. On remarque, au premier

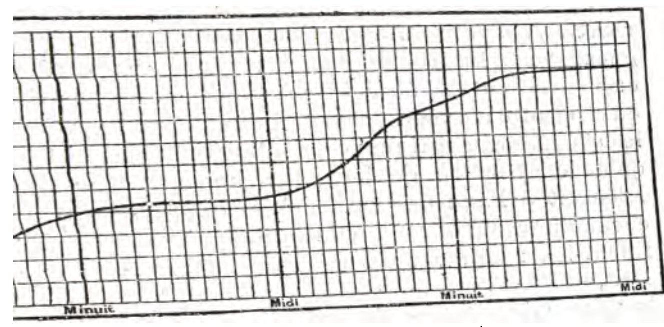


Fig. 128. — Courbe de l'accroissement d'un végétal.

l'accroissement de l'arbre avait son maximum entre
nuit. La période du tracé qui répond à la matinée
lement horizontale, pendant une grande partie de
ie. J'ai pu me convaincre que les variations de tem-
n'influaient pas d'une manière sensible sur la lon-
fil et par conséquent sur la forme du tracé. Enfin,
mettre à l'abri des influences hygrométriques, j'ai
un fil de métal pour transmettre la traction de l'ar-
yle.

(1) isposition de l'appareil était un peu différente de celle qui consiste
un curseur roulant sur des rails ; c'est à ce dernier appareil que je
ujourd'hui dans de nouvelles expériences.



J
l
c
l'
lo

po
gu
ord
qu'
les
qu'u
lèle
chen
il fau
100e,
la vit
la cla
La
ou d'e
dire de
certain
soient 1
que le p
100; le
tours se
Tous c

(1) On tro
faites au mo
sition que j'
cercle tracé p

oir des poulies à gorge. Une corde enroulée sur l'une
oulies transmet au rouage le mouvement qu'il s'agit de
é. Un fil enroulé dans la gorge d'une autre poulie trans-
style inscripteur le mouvement convenablement ré-

xemple d'inscription de mouvements réduits, je
ne expériences faites sur la locomotion humaine, et
des lles il s'agissait d'inscrire les mouvements du
esqu'il quitte le sol pour aller prendre un nouvel
lorsq

xpériences sur les mouvements du pied dans la marche
urse. — On attache à son pied un fil qui s'enroule sur
lie placée sur le premier mobile du compteur ; une au-
ie, placée sur le troisième mobile, porte aussi un fil qui
le style écrivant déjà décrit fig. 124. On obtiendra des
ans lesquels l'espace parcouru par le pied sera trans-
tyle, après avoir été réduit au centième de son éten-
le.
. 129 montre cinq tracés recueillis avec des allures
ent rapides. A correspond à la marche la plus lente;
arche ordinaire ; C à la course rapide. Les autres
sont obtenues avec des courses de moindre vitesse.

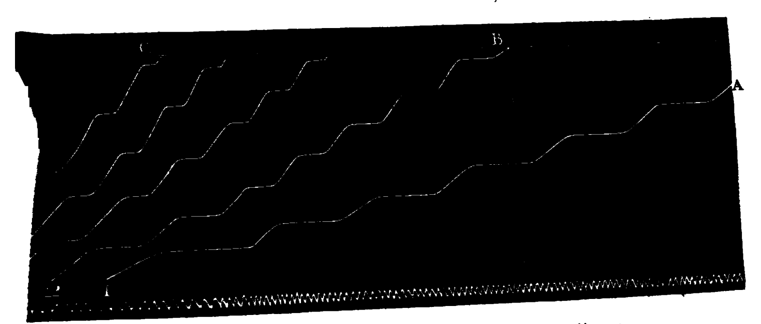


Fig. 129. — Mouvements d'un des pieds à différentes allures.

total parcouru était 3 mètres 1/2 qui, réduits au
ent 3 centimètres 1/2. Les *temps* employés à par-

:

c
l
d

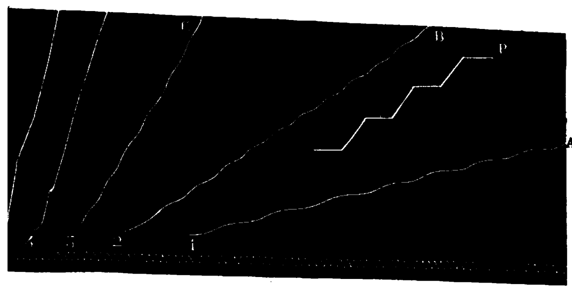
p
le
de

cla
ce
im
ces
s'a
ind
née
pro
tess
O
tess
des
ici n
est l
2°
veme
droit
les *in*
cent
pied
riable
jambe
cru le
dans l
n'*étaie*
Il ne
tion de
du pie
intervie
D'*un*
autour

ansport horizontal du bassin lui-même, ; de suspension de la jambe, pendant

ar la combinaison de ces deux influences, ed tende à l'uniformité; cela arrivera si les u premier genre de mouvement corres-*axima* du second. Il devenait donc très-miner quel est le mouvement de transla-verses allures. L'appareil précédemment cette détermination.

l'espace parcouru par le corps aux diffé-
Une corde attachée à la ceinture transmettait mouvement de transport du tronc. En opé-nt à différentes allures, on obtient la figure e donne des résultats assez importants.



ses de translation du corps de l'homme à différentes allures.

lure. — Elle est exprimée par l'inclinaison courbe, ou par la pente d'une ligne droite qui ne à la fin du tracé. Dans les différentes cour-s fig. 130, un même espace ($3^{m}50$), a été par-emps variables, que le chronographe permet de s le nombre de vibrations contenues entre l'ori-be et son point d'arrivée projeté sur l'axe des *X*. a marche lente, de 1 en A, on compte 13 se-la marche plus lente, de 2 en B, on en compte pour la course, de 5 en C, 2 secondes seulement.

r
s
n
n

m
et
l'a
de
pe
on
reç
cha
fou

(1)
qui c
(2)

VIII.

›UR LES NERFS VASCULAIRES DE LA TÊTE.

Par le Dr FRANÇOIS-FRANCK.

Suite (1).

Nerfs vasculaires de la cavité orbitaire.

hthalmique. — Les réseaux nerveux qui entourent
›e prolongent, comme on peut déjà le voir à l'œil nu,
confirme l'examen microscopique, sur les branches
.ère qui se ramifient dans le cerveau *et sur l'artère*
ıue (2). Les nerfs de cette dernière proviennent aussi
lu plexus caverneux, et envoient un petit filet accom-
rtère centrale de la rétine (3).
:fs de l'artère opththalmique viennent donc : 1° du
›verneux ; 2° du plexus carotidien proprement dit, et
buent avec les branches de l'artère ophthalmique.
autres filets offrant de l'intérêt, on doit noter celui
›re centrale de la rétine, indiqué par Chaussier et Ri-
décrit de nouveau par Langenbeck.
let ne serait pas seul du reste à accompagner l'artère
e du nerf optique : Ribes, en effet, en a décrit un
fourni, comme un nerf ciliaire, par le ganglion ophthal-
, et Tiedemann (5) a pu, chez le bœuf, suivre jusqu'à la
les filets réunis autour de l'artère (fig. 131). Mais, comme

'oir mémoire V.
Encyclop. anat., t. IV, p. 579.
Langenbeck (*Icon. Névrol.*), fasc. III, tabl. XVIII. Gœttingue, 1826, 183 .
Ribes, *Mém. Soc. méd. d'émul.*, 1811, t. VII. — Langenbeck, *loco cit.*
Tiedemann, *Journ. compl. de sc. méd.*, 13,25, t. XXIII.

l
s
s

Fi
O.
diqua
G.
de la

L
de l
qu'il
que
l'iris,
vent
à des
peut-
réside
même
de l'in
Les
en effe
fluence
(couche
sentir
par les
observé
la suspe
subite de
établi (2)
culation
suffisance

(1) Valenti
(2) Th. Lei
Hugel

ırtérite locale développée autour de l'em-
e la rétine et surtout celle du bout intra-
que sont définitivement altérées (1)... »
·entre l'anémie de la rétine par embolie
et l'anémie par spasme vasculaire réflexe,
onné à la démonstration bien positive des
tiniens. Cruveilhier considère leur exis-
ématique ; le professeur Sappey aurait
titude qu'ils n'existent pas. Je devais ce-
ıner à cause de l'autorité des auteurs qui

hes de l'ophthalmique destinées au globe
iaires :
rtes (***uvéales*** de Chaussier) vont à la choroïde
ires.
gues (***iriennes***, Chaussier) abordent l'iris par
rence, forment d'abord le grand cercle arté-
l'anneau pupillaire, le petit cercle artériel.
ntérieures, fournies par les musculaires,
ou choroïdiennes aux longues ou iriennes
u muscle ciliaire ou de Brücke. La circula-
rouve ainsi commune dans les deux mem-

irculation artérielle intra-oculaire commu-
culation superficielle du globe de l'œil par
roticales et conjonctivales des ciliaires anté-
nt il est important, aussi bien au point de
ogie qu'à celui de la clinique, de noter que ces
npêchent point une indépendance réelle (2),
insistent avec raison sur la différence carac-
ijection fine et profonde périkératique dans
ornéennes ou irido-choroïdiennes, et de
superficielle, plus excentrique dans les con-
ıs aurons occasion d'appliquer ces notions
étudiant la marche des désordres qui suivent
rimentales du trijumeau.

ırch. de physiol., 1872.
ı Varden, *Annal. d'oculistique*, 1854, et S. Duplay, *Path.*



2

a
d
d
a

s

le
ci
o
p

va
ra
u
de
S
d
m
pl
na
de
sy
se
th
ce
au

co
ple
qu
po
qu

(1

(2

oph

du ganglion, les nerfs ciliaires ne peuvent rmer des éléments sympathiques, et l'inners ciliaires est assurée de ce côté. Ces nerfs, nt la sclérotique accompagnés d'artérioles, omme celles-ci, entre la sclérotique et la cho- petits filets aux vaisseaux de cette dernière, plexus dans l'anneau ciliaire, et, de même constituent dans l'iris des arcades d'où pars suivant la même marche que les vaisseaux

endu qu'en me bornant à indiquer les rapports s du ganglion ophthalmique avec les vaisseaux je ne prétends point qu'ils leur soient uniqueloin de là, le muscle de Brücke, le dilatateur de l'iris, sont soumis à leur influence, comme amplement et la clinique et l'expérimentation.

cond ordre de nerfs ciliaires, les ciliaires longs, mbre de deux ordinairement, proviennent du totalité ou en partie, quelquefois du nerf fronf lacrymal, et perforent la sclérotique, après nosés avec quelques filets des ciliaires courts, e filet supérieur et interne du ganglion ophthaavec un filet inférieur (2). Les rapports de ces longs avec les vaisseaux intra-oculaires sont précisés que ceux des précédents, mais, comme tissent à l'anneau ciliaire, dans la partie muscuils contribuent à former le plexus nerveux que out à l'heure.

e plexus, contenant de nombreuses cellules nere qui, sans doute, a fait décrire à Sœmmering le ire sous le nom de (*annulus gangliformis*) que éseaux nerveux si serrés de l'iris. — La termiise de ces filets est encore inconnue (4).

r rapport intime avec les fibres musculaires ra-

(*Névrologie*).
or (*Anat. desc.*, t. III).
Névrol. 1872) rappelle que Krause et Muller y ont confirmé l'exisles ganglionnaires.
ier, *Anat. desc.*, t. III.



s
c
q
n

B
lé
et
fo
et
te
re
de
Il
les
leu
qu
3 p
file
thi
file
M
pro
non
en
(ne
gan
par
bai*r*
port

(1)
pour
produ
amène
du re
par e
phaliq
tracte
tile qu
(2) R
(3) S
(4) I

e, *et filets entourant les artères*), *soit par le*
es qui suivent immédiatement les sections
semblent donc pouvoir être rapportés à la
on des fibres vaso-motrices contenues dans
. Mais quand il s'agit d'interpréter les trou-
consécutifs, on hésite à les faire d'emblée
ème cause. Nous ne devons cependant point
altérations graves du globe oculaire ont été
e d'hémisections du bulbe (2), à la suite de
elle dans la région cervico-dorsale (3), c'est-
ons des centres d'origine des nerfs vasculaires
rs les sections du trijumeau pourraient pro-
lres nutritifs du côté de l'œil par la section
fibres vaso-motrices : quand la section porte
de Gasser ou au delà du ganglion, d'une part
in plus grand nombre d'éléments vasculaires
istomoses qui se font en ce point (V. S.), d'au-
sordres sont activés et plus considérables parce
erveux séparés du ganglion s'altèrent, comme
nontré pour les nerfs spinaux. — Sans doute il
s la production de ces altérations consécutives,
à l'état général de l'animal, et Cl. Bernard a
fait en lumière ; il ne faut pas non plus négli-
nésie de la cornée et de la conjonctive, qui, ne
s l'occlusion des paupières, laissent le globe de
x influences extérieures, traumatiques ou autres.
point assurément la cause fondamentale des al-
écutives à la section du trijumeau, car après la
ial tout seul on ne les observe pas (5).

(*Syst. nerv. pass.*).
oire cité.
ard (*Paraplégie*, 1864).
uard, *J. Physiol.*, 1858, rappelle qu'il avait montré à Magendie
nouilles les yeux restaient à l'état normal tant que les animaux
s une atmosphère froide, humide et dans l'obscurité.
ch. sur l'infl. des nerfs sur l'inflam. (*Arch. f. d. Holl. Bei-*
u l'inflammation de la cornée ne se produire que dans les
contact de l'air.
d, *Syst. nerv.*, t. II, p. 33.

t
r
e
c
d
n
de
de
br

qu
me
bi

na
pa
tir
tio
ocu
le s
se
gli

(1)
1re p
(2)
culai
nerfs
symp
thiqu
Grim
vaiss
ritabl
inner
que (
prum
ciliair
(3)
(4) (

lets ont été amenés en grande partie par
ʒnalées.

entre les effets produits sur les vaisseaux
ınglion cervical supérieur et par les sections
'etrouve dans les effets produits sur l'iris.
.ons s'accompagnent de rétrécissement pu-
ıs-nous expliquer cette concordance dans
xpériences pratiquées sur les filets sympa-
ur le trijumeau, autrement qu'en admettant
ɜs nerfs de même nature ?

ıtritifs sont donc liés aux troubles circula-
ıce des nerfs sur leur apparition s'exerce
cte, par l'intermédiaire des vaisseaux dont
ıfié.

pour les glandes, pour la sous-maxillaire,
ctivité sécrétoire (ou en d'autres termes la
ɜs éléments cellulaires) liée à l'apport plus
.ns le tissu ; cette activité fonctionnelle reste
'intégrité de l'organe tant qu'elle ne dépasse
siologique, tant qu'elle conserve son caractère
ttence ; mais, quand on la rend continue, la
. tout pour elle, l'organe ne répare plus ses
hie graduellement. Ici, même enchaînement
ènes : la suspension de l'influence régulari-
ıe nerveux sur la circulation capillaire se tra-
ubles nutritifs. J'admets donc l'intermédiaire
nerf et l'élément, et j'avoue ne pouvoir com-
nt les désordres survenant du côté de l'œil,
ʒanes, à la suite des sections du trijumeau (2),
ection) (3), du centre cilio-spinal (4), après
anglion cervical supérieur (5) ; et je crois,
l'autres, que les nerfs vasculaires constituent
ıajorité des nerfs trophiques de Samuel (6).

id., p. 68 et *pass.*
Bernard, Schiff, etc., *loco cit.*
ıch., 1855.
l, *loco cit.*
yst. nerv., t. II, p. 46.
ɔitr. z. Physiol. und Patho.., Leipzig, 1860.



Je
tro
de
pat
res
mei
tra

Ç
téra
atr
gin
nér
rier
sub
les
ner
de
reç
ner
faç

Ç
vrai
dan
muc
terr
dres
san

(1)
du q
l'atro
cette
sectio
Un
coup
corre
tritio
(Wei
(2)
C
D
(3)

que la voie de transmission centripète, la
ou une voie de transmission centrifuge : elle a
eaux à l'influence régularisatrice de l'élé-
enu dans le tronc nerveux.

complétement aux membranes extrinsèques
. Mais, dira-t-on, l'explication tombe en pré-
ation si souvent faite par Cl. Bernard (1), qu'a-
 trijumeau la température baisse dans la moi-
ite de la face ; tandis que l'inverse s'observe
sions isolées du sympathique. A cela je pour-
'il est peut-être insuffisant, comme le dit W.
ger de l'intervention ou de l'inertie des vaso-
température du tissu pris en masse.

, qui est incontestable, porte sur une foule de
x, et le liquide interstitiel, dans lequel baignent
anatomiques, s'accroît dans des proportions
: la cornée s'infiltre, devient nébuleuse ; l'hu-
distend la chambre antérieure de l'œil, et re-
nt la cornée ; l'iris bombe et s'épaissit, s'infiltre
l'extérieur, la conjonctive forme un bourrelet,
quel est enchâssée la cornée. Ces désordres, et
, dénotent à n'en pas douter l'intervention vascu-
lation de cause à effet entre la dilatation qu'on
bord et ces exsudations multiples semble s'impo-
.

stance y a-t-il entre la série de troubles que je
quer et les lésions ulcéreuses? La conjonctive et
nt insensibles, c'est déjà une raison pour qu'elles
l'œil n'est plus protégé, l'animal n'éprouvant plus
 clignement, et dès lors toutes les influences exté-
prise sur le tissu ; l'animal est le plus souvent affai-
eclusion, par l'abstinence ; et pendant ce temps-là,
nerveux dégénèrent, séparés qu'ils sont du centre
aire. Toutes les conditions locales et générales, in-
et extérieures, s'ajoutent donc les unes aux autres
aîner les accidents ultérieurs, perforation de la cor-

rnard (*Syst. nerv.* — *Exp. sur Trijumeau.* — *Exp. sur sympa-*

l
p
l
le
c
p

tr
qu
ne
m
na
cô
pa
cr
ch
sio

trit
do
cet
où
da
tou
les
bes
(*V.*
que

(1)
(2)

ιires des parties molles intra-orbitaires.

e. — L'artère lacrymale, fournie le plus sou-
mique, mais empruntant toujours au plexus
e émane des filets nerveux sympathiques,
e après avoir quelquefois donné une artère
lle abandonne à la glande principale un cer-
ranches, et en sort pour se terminer dans la
paupière supérieure. Là encore elle fournit
ériels aux glandes lacrymales accessoires.
que générale 106.)

ıal suit le même trajet, et affecte la même distri-
re correspondante et donne quelquefois comme
ire long, destiné à l'iris et à la cornée (il est
e ce filet ciliaire n'existe que quand l'artère
ıit une artère ciliaire). Le nerf s'anastomose
ux malaires, avec les branches du frontal et
perficiel.

toutes les recherches que j'ai pu faire à ce
mentionnés nulle part des filets du lacrymal se
branches correspondantes de l'artère, et, tout
r l'identité du trajet et de la distribution de ces
s vasculaire et nerveux, je ne puis préciser
rapports directs comme il en existe pour les
res indiqués jusqu'ici.

e notion anatomique exacte, trouverons-nous
nerches physiologiques des raisons suffisantes
mettre d'indiquer la distribution vasculaire du
?

ais pas d'expériences ayant porté directement sur
u point de vue de ses rapports avec la circulation
et partant la sécrétion ; en analysant les lésions

Infl. du syst. nerv. sur la memb. Keratogène. Lyon, 1853)
rchiv. f. d. Holl. Beiträge. Heilkunde von Donders, 1857).
d (*Tissus vivants*, 1865).
chell (*Lésions des nerfs*, 1874).
és. syst. nerv., 1872).
Lec. vaso-moteurs, 1874).



i
p
la
d
«
«
«
ci
di
m
de
les
oc

int
les

(1
flue
(2
(3)
(4)
(5)

s filets de la muqueuse nasale fournis par le

irconstances les centres de réflexion seront im- des voies différentes (douleur physique, émo- ves), mais, pour rester dans les conditions de linaire, son point de départ nous paraît être anes extrinsèques ou intrinsèques de l'œil. alogie est complète avec la sécrétion salivaire sions de la muqueuse linguale. La section des uaux et des glosso-pharyngiens (1), suspendant n centripète, suspend en général la sécrétion e réflexe. Mais, quand on cherche à pousser plus raison, on est arrêté par l'ignorance des centres t des voies de transmission centrifuge pour la ymale. On pourrait supposer que le ganglion constitue un centre réflexe, et que les nerfs ci- s et indirects anastomosés entre eux, lui apportent ériphérique ; mais par quels nerfs agirait ce gan- sécrétion lacrymale? Les filets qu'il fournit ans le globe oculaire et n'ont d'action que sur l'ap- ulaire et vasculaire de l'œil. — Du reste cette hy- reposerait que sur une analogie reconnue entre le phthalmique et le ganglion sous-maxillaire ; or le tre attribué à ce dernier a été fort contesté, depuis a indiqué des filets récurrents de la corde du tym- e chien. — Par conséquent, nous ne pouvons pré- ganglion ophthalmique comme centre pour la sécré- male, pas plus que l'élément moteur des nerfs omme voie de retour.

rchant plus avant, nous ne trouvons que le centre et les origines vaso-motrices qu'il renferme : là est e le centre cherché. Il est possible en effet que l'im- normale ou exagérée retentisse sur le bulbe, et sus- ans son centre même l'activité vaso-motrice : les voies ır sont alors toutes trouvées, elles sont multiples : s vaso-moteurs entourant les artères lacrymales nous jà connus.

iff (*Nerfs du goût. Physiol. de la digestion*). ssana. (*Arch. Physiol.*, 1872.)

l
l
p
p
v
p

su
à
sé

dé
en
A
qu
arr
des
aux
ress

(1)
(2)
(3)
(4)
indir
n'est
Au
les *h*
abon
décor
et ini
sécrét
dans

de dilatation vasculaire sont beaucoup
'en définitive, c'est à la théorie de la sus-
;o-constrictive que sont arrivés Cl. Ber-
ın ensuite, à propos des nerfs dilatateurs.
;eur de l'action vaso-motrice ne nous ap-
nme pour la glande sous-maxillaire ; il est
ıns le lacrymal lui-même, que nous con-
seulement comme sensitif et vaso-moteur;
;out cas il n'agit point autrement que par
ɔ.

;culaire des parties molles intra-orbitaires.

.dipeux qui s'insinue dans tous les inters-
dans la loge postérieure de l'aponévrose
traversé par de nombreux vaisseaux arté-
i le transforment en un véritable tissu érec-
.ons de volume sont liées au changement
;eaux qui le sillonnent en tous sens. Un
u sang artériel à la périphérie et y retient
ıugmente mécaniquement le volume de ce
x qui repousse l'œil en avant ; puis, quand
ıd la pression sanguine diminue dans l'or-
s autres régions périphériques, l'œil reprend
lus projeté.
ıchet spécial donne à la physionomie cette
oculaires dans la dyspnée un peu intense,
nique de l'attaque d'épilepsie. Dans ces cas,
volume des paquets adipeux intra-orbitaires,
;ux qui en résulte, sont de cause mécanique :
e la pression sanguine agit en dilatant de
rois vasculaires, et ces dilatations, portant
.sculaire considérable, s'ajoutant les unes aux
ıt en définitive l'exophthalmie à des degrés

on cherche à se rendre compte de la saillie
ɔ qui se produit d'une manière constante aus-
ion du trijumeau, on voit qu'on peut l'attribuer



3 C

oct

C

G

de

gi

die

sel

rac

I

mic

I

(1)

enant du plexus carotidien qui entourent
e. »

erne (sous-trochléaire) donne des filets
e l'orbite et aux vaisseaux qu'elle con-
nême du nerf frontal, soit avant, soit après

'mal, que nous avons étudié tout à l'heure,
ne lui signalait pas de filets vasculaires.
fournissent enfin des filets très-déliés
ie et ses vaisseaux (2).
du trijumeau produiront la dilatation
de l'œil tout aussi bien qu'à son intérieur,
des vaisseaux intra-orbitaires et intra-
.écessairement un afflux sanguin considé-
ation de volume de tout le contenu de la
'afflux du sang est de cause périphérique :
euse, une suppression d'activité vaso-mo-
e.
ie dont la physiologie pathologique est
le goître exophthalmique, mais dans
e de retrouver, pour expliquer l'exophthal-
es de causes que je viens d'indiquer :
pression intra-vasculaire et la dilatation
ouvent, je crois, ces conditions, différentes
ques dans l'effet, s'ajoutent l'une à l'autre
ithalmie. L'hypertrophie du cœur, con-
explique l'augmentation de la pression ;
ation vaso-motrice, liés quelquefois à la
ganglions cervicaux (3), rendent compte
quelle les vaisseaux orbitaires, qui reçoi-
ie de leurs nerfs du plexus carotidien, se
même avec une impulsion cardiaque

prétation peut s'appliquer aux cas où les
evoir considérer la maladie de Graves
sympathique, et à ceux où on a noté des

enpaar, tab. II. — Weber, *loco cit.*, tab. VIII).
r, 287.



altérations ganglior
rencontre une lésic
mon sujet que de d
que sur les variatio
tion vasculaire.

Pour terminer la
l'orbite, je crois de
tous les physiologis
rateurs quand ils nc
de l'âme ; ce fait, d
fit pour le diagnosti
ceci : communauté c
veau, communauté
d'insister sur l'imme
reste lieu d'y reveni
intra-crâniennes.

Innervation vascul

Les artères auricul
porale superficielle,
carotide. Les unes e
branches perforantes,
libre des cartilages.

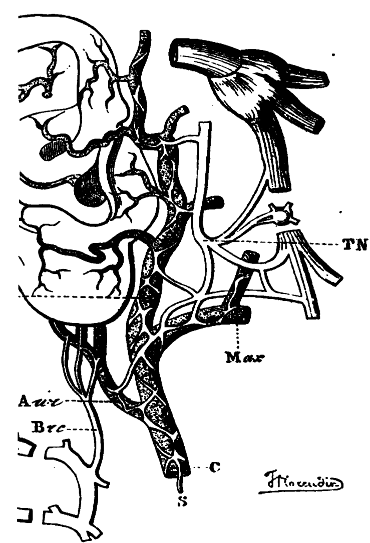
Les nerfs se dist
groupes (fig. 133) :

1° Le groupe symp
rant l'artère carotide
cervical supérieur ;

2° Le groupe cervi
plexus cervical, vena
(branche antérieure),
facial et le temporal su
lon de l'oreille ; sur s
cette région.

A son sujet je rapp

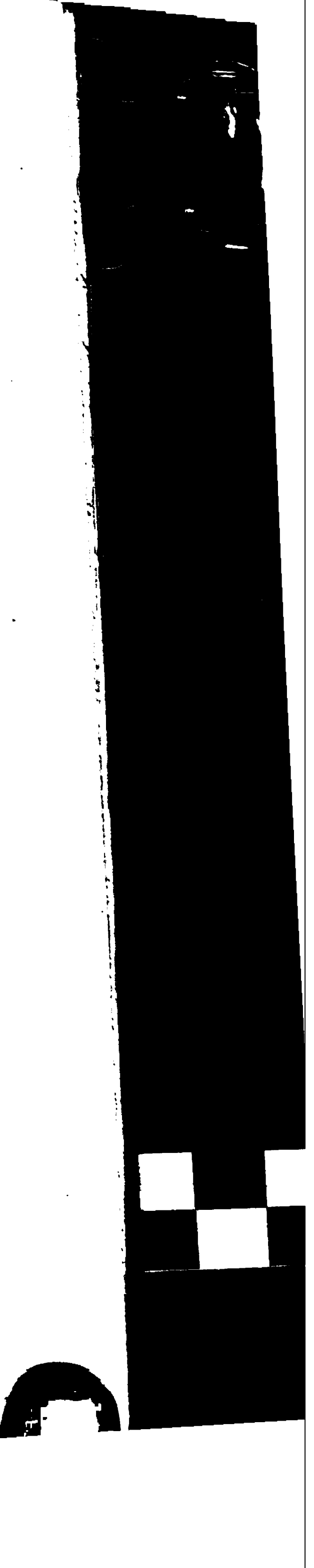
s maintes fois répétées depuis Snellen, ts suivants : il a vu que la section du nerf roduisait sur les vaisseaux de l'oreille le ection du filet sympathique cervical, fait iff ; de plus, il a pu déterminer chez le laire sur laquelle agit ce nerf (1).



vasculaires du pavillon de l'oreille. — C, artère carotide avec uant sur la temporale TA, et la maxillaire interne *Max*, l'au-ssant sur les vaisseaux du pavillon de l'oreille avec les bran-ciel TN et du nerf auriculaire du plexus cervical *Brc*.

tre les effets de la section d'un nerf rachi-ction du sympathique libre sur les vais-s'explique, comme nous l'avons vu (*nerfs* ésence de filets sympathiques dans les ra-

Physiol., 1872, p. 667) a observé, comme résultat ix de la partie supérieure de l'oreille externe se di-nerf auriculaire cervical, tandis que ce sont ceux de après la section du sympathique; de sorte que, pour re aussi complète que possible, il faut sectionner les



3° Le groupe
facial participe d
lon de l'oreille ;
du nerf suivant

4° Le groupe
temporal (A T,
anastomotiques
parotidiens) un
la maxillaire in

De ce plexus
fications dont l
artères du vois
duit auditif, a
tère auriculair
l'inférieur don
la même artèr

Les branch
donc surtout

Les artère
des branches
auriculaire s
temporale, d

On peut re
temporal et
auriculo-tem

J'ai décri
l'excitation
vaisseaux ;
ce point de
sur les déta
en quelque
portion su

On a pe

(1) Pour la
temporal, vo
(2) Arnold
Meckel
Bock (
(
Weber

sa galvanisation s'accompagnait de dila-
ır le lapin ; mais il fait remarquer que ce
constant.

- constaté de même que sous l'influence de
rf auriculo-temporal, le sang coulait avec
par la veine auriculaire, et que les vaisseaux
ıtage, sans toutefois présenter de pulsations
ıpathique examiné à ce moment agissait
ontraire (3).

ajouter, dit encore Cl. Bernard, que le nerf
ı était sensible à la galvanisation. »

ıil introduit une grande difficulté dans l'inter-
ultats précédents. La question se complique
ɔxe produite par l'excitation des nerfs sen-
t ce sont des contractions réflexes, tantôt au
ılatations vasculaires qu'on observe (5) dans
chaines ou éloignées, à la suite de la galvani-
ts de sensibilité : de là un désaccord complet
ologistes, aussi bien à propos des expériences
ɔ que de celles qui ont porté sur le nerf auricu-

nier, par exemple, je lis dans le récent ouvrage
Vulpian (p. 153) « qu'il a toujours observé une
ɔnsidérable des vaisseaux de l'oreille, chaque
iculo-temporal ou que le rameau auriculaire du

hiv. f. Physiol. Heilkunde, 1851, et *Untersuchungen über die n der Leber*. Wurtzbourg, 1859. (Dilatation vasculaire par l'exci-ıs rameaux vaso-moteurs.)

d (*Liq. de l'organ.*, t. II, p. 331).

les oppositions de ce genre qu'a été fondée la théorie de l'anta-les nerfs cérébro-spinaux et le sympathique. Cette opinion a vec détail par Virchow. (*Dessen Archiv.*, 1851, 1853. Erlangen,

ɔs suivies d'hyperémie (zona, etc).

tchell (*Lésions des nerfs*).

Leçons sur les maladies du syst. nerveux).

non (*Gen. Pathology*, London, 1850).

ʒ (*Klinik warn. u. Beobacht*, Berlin, 1851).

(*Arch. f. d. Holl. Beitrage*, von Donders, 1857.

(*Leçons vaso-mot.*, 1874).

(*Spinal irritation*, 1840 et 1851).



facial qui reçoit un
était électrisé. »

Voilà donc des
qui me laissent fo
dans l'innervation
raît devoir reste
expérimentales d
tement déterminé

L'oreille du la
les mémorables
cervical, et les
qu'une bien fa
l'objet.

Ne pouvant e
dant point quitt
a proposée pou
tation de certai
ment dans des
sur d'autres m
C'est la théori
rattachent sur
mus (1).

Le fait lui-
diques n'est p
des artères
veines ; mais
cèdent-elles
Schiff ? V. d
de dilatatio
déjà une ra
cœur périp

(1) Legros,
rythmiques, p
même théorie
par M. Onim
actives, Oni
objections d
s'agit avec
(2) Schiff.
(3) Van d
chrifft, Re

autre raison plus sérieuse encore : en ad-
ne de l'artère, après s'être dilatée, revienne
ur elle-même, pourquoi poussera-t-elle le
un sens que dans l'autre ? Où est la val-
era au reflux, ou, tout au moins, fournira un
a colonne sanguine comprimée par la paroi ?
oint resserré c'est un point dilaté qui se pré-
ce qu'au lieu d'un obstacle la colonne sanguine
arrière une voie ouverte : elle tendra par con-
nir sur ses pas, aussi bien qu'à progresser.
le que Milne-Edwards (1) pensait ainsi, quand
es changements de calibre dans cette partie me
contraire devoir retarder plutôt qu'accélérer le
g. »

---

nervation vasculaire des régions frontales, temporo-pariétale et occipitale.

rtères qui se distribuent aux régions frontale et
font suite à celles que nous avons étudiées soit à la
ns palpébrale et sourcillière), soit à la région auri-
perficielle.

nséquent, les nerfs qu'on y rencontre ont déjà été
et je crois devoir ne point les rappeler ici autrement
umant leur provenance générale.

lu sympathique libre fourni par le plexus de la ca-
xterne pour la temporale et ses branches, par celui
rotide interne et le plexus caverneux pour les artères
s, branches de l'ophthalmique.

meau (branche ophthalmique pour les frontales) ; bran-
axillaire inférieure pour les branches de l'artère tem-

al anastomosé avec trijumeau pour les unes et les autres.

cus cervical (par le grand nerf auriculaire) pour les au-
ires postérieures qui montent à la région temporo-pa-
e.



Milne-Edwards (*Anat. et Physiol. comparées*, t. IV, 218).

flu
pa
2
bra
la c
les f
N
post
inne
vica
trou
s'ana
la bra
résult
et pro

1. *Ne*
— Des t
groupe r
Le gr
formé *pa*
ne faire
borgne, s
Le gro
currents
tente *du c*
A ce gr
caverneux
laire, un pl
comme mo
et celui *de*

(1) *Encyclop*
(2) Hirschfeld

› tard par Valentin (1), sont mis en doute
pey.

de ces deux groupes n'est affecté à des

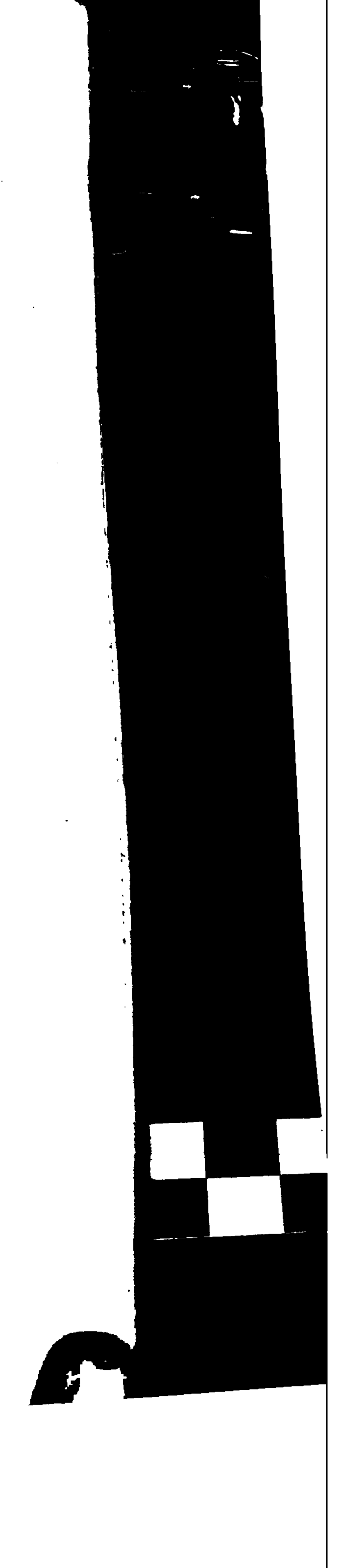
au contraire, de provenance différente
es, est tout entier en rapport avec l'artère
›t ses divisions.

it à propos des nerfs parotidiens, soit à
auriculaire, à combien de sources dif-
mporo-maxillaire puisait ses éléments,
s maintenant en présence de l'une des
›nt au milieu même de ce plexus, la mé-
e apporte donc avec elle dans la cavité
ace de la dure-mère, de la base à la con-
multiples empruntés au plexus temporo-
ces nerfs que M. Sappey a suivis jusqu'à
du pariétal, qu'il a vus, à partir de cette
· de leur myéline et devenir d'une telle
les suivre jusqu'au sinus longitudinal.
culaire de la dure-mère se borne à cette
›s vaisseaux de cette membrane sont très-

ésente donc au point de vue de la vascu-
ınervation une disposition inverse de celle
ns le périoste auquel on l'a souvent assi-
semble dès lors peu prêter au rapproche-
, en nous montrant le mode de réparation
ance des os du crâne, n'est pas davantage
paraison proposée entre la dure-mère et le

ation des vaisseaux de la pie-mère c'est
ıisseaux de l'encéphale, car les artères de
partiennent en réalité à la substance ner-
elles sont appliquées immédiatement sur le
ui fournissent ses vaisseaux.
les nerfs vasculaires de la pie-mère et de

ie, 1872).



l'encéphale en
groupe vertébral

Le premier,
ment dit, et le
et du cervelet,
établit la conti
culation postéri
(fig. 133).

Fig. 134. — Schem
rotidien; PV, ple
rieure; en I, sur

Nous ne
des rameau
les nerfs cr
sympathiqu
anastomose
émanent d
sur la figu
postérieurs
plexus caro
filets qui
tomoses et
à ces vaiss
ples et do

s ; je me bornerai à rappeler d'une ma-
ınervation vasculo-motrice dans le cer-
, n'agit sur la fonction qu'en modifiant,
ıisseaux, la quantité de sang qui arrive
tion déjà soulevée à propos de l'inner-
glandes, se retrouve au sujet de l'encé-
nporter une solution semblable.
mpagnent l'artère cérébrale antérieure
u côté opposé sur la communicante an-
éclard avaient signalé à ce niveau un
aire qui a été nié par Lobstein, et dont
douteuse (1).
rale moyenne, « un tractus principal de
es, ou un faisceau un peu plus fort, se
antérieur et inférieur de l'artère et dis-
s branches (2). »
icante postérieure, elle serait le lieu de
nerfs vasculaires du 1er groupe ou ca-
e groupe ou vertébraux (3).

ur ou groupe des nerfs vertébraux.

ıles pénètrent dans le crâne, apportant
res des filets nerveux vasculaires qui
sur le tronc basilaire, les cérébelleuses,
e (4).
t l'innervation artérielle de l'encéphale
c ceux du 1er groupe, comme cela a été

phalique se trouve ainsi subordonnée
oupes de nerfs, dont les uns sont plus

iol. syst. nerv., 1842).

p. 579.
ure n'est point signalée ici, faute de documents sur
ux qui peuvent l'accompagner.
éments d'anatomie descriptive, t. II, p. 727).
terias venasque comit. In Ludvig scriptores, t. III)
qui entourent l'artère basilaire.
naul et Tenner. Schrœder van der Kolk (*Œuvres*),
Requin, Névroses.)



-3

s]
ri
té
ve

cir
tior
ble
un s
trai
d'ori
Si l'
dans
l'inne
intra-

Fig. 135. Schém
premières pai
mo-gastrique;
carotidiens et
mun (1); pathé
GP Corps pitui
GC Ganglion ca

leur des tég
profonde : l
sie s'appuie

emple qui m'a paru propre à montrer l'in-
asculaires de l'encéphale pris sur les vais-
abstraction faite de leur provenance.
ous voulons remonter au point de départ
de nerfs vasculaires intra-crâniens, et étu-
ement l'influence des plexus ou cordons qui
sance, nous trouverons des renseignements
que en petit nombre, pour ce qui concerne le
vasculaires carotidiens, et au contraire la
omplète au sujet du groupe des nerfs vascu-

savons que le ganglion cervical supérieur,
cordon sympathique prévertébral, fournit le
en, et reçoit lui-même des anastomoses des
paires cervicales, du nerf vague, du glosso-
e l'hypoglosse; que, plus haut, les nerfs triju-
oculaires commun et externe, le pathétique,
ets au plexus caverneux. (V. fig. 135.) Ce sont
complexes, sans doute, pour les nerfs vascu-
pe antérieur; mais enfin nous les connaissons,
tation (1) peut arriver à interpréter ses résul-
moins à en proposer une explication.

ces sur vaisseaux de la pie-mère cérébrale.
rland *Lancet*, p. 521). Dilatation des vaisseaux de la pie-mère
cordon sympathique; resserrement par excitation.
s *nerfs vaso-moteurs des vaisseaux du cerveau*. — *Virchow's*
n *Gaz. hebd.*, 1867). Dilatation des vaisseaux de la pie-mère,
quand le ganglion cervical supérieur a été arraché.
ité par Vulpian, *Leçons de 1874*). Mêmes effets de vasculari-
n de la température.
ournal anatom., Robin, 1867, p. 107). Méningite céphalo-rachi-
tive à la section des filets cervicaux sympathiques (Lapin, Co-
Contre-épreuve par ligature des carotides primitives avec filets
e qui se distribuent aux vaisseaux du centre nerveux (Chiéso).
ces sur vaisseaux de la pie-mère médullaire.
i s'attache à l'étude des influences nerveuses sur les vaisseaux
ux-mêmes m'avait engagé à chercher quelques documents relatifs
n vasculaire de la moelle : l'anatomie ne m'a fourni sur l'origine et
s nerfs que des renseignements très-incomplets, et je n'ai recueilli
riences que celles de Brown-Sequard et de Gull que je résume
mots :
quard (*Paraplégies*, p. 101, et *Lectures on the Paralys.*, 1861) rap-
a vu se produire sous ses yeux une contraction des vaisseaux



(
(
t

l
l
F
F
r

s
li
q
s
p

E
a
s
q
c

r
S
s
à
ti

d
le

p
p.
fo
té

vu tout à l'heure les nombreuses anas-
; crâniens. C'est là un point de ressem-
ous pouvons admettre que si le plexus
ıx vaisseaux de la partie *cérébrale* de
ıces réunies du sympathique et des nerfs
vertébral fournit aux vaisseaux de la
même temps que l'influence du sympa-
; cervicaux dont il reçoit des anastomoses.
mier point de ressemblance, on en pour-
cond fourni par la présence de renfle-
s sur les diverses branches du plexus
e sur celles du plexus vertébral (2).
ı ces raisons de rapprocher le plexus ver-
tidien, la distribution de ces deux groupes
seaux de l'encéphale, nous sommes assez
rer comme légitime le parallèle précédent,

ıue, scalène, en donne un à l'artère vertébrale avant
se cervicale antérieure.
l. — « Donne un filet à l'artère comme le précédent.
ıl. — « Au niveau du trou de conjugaison donne des
».
ıl. — « Peu après s'être anastomosé avec les nerfs
l'artère vertébrale, se partage en ses deux branches.
— « A sa sortie du trou de conjugaison, s'anastomose
es ascendants de l'artère vertébrale.
. — « Tronc s'anastomose derrière l'artère vertébrale
ıs qui remontent le long de ce vaisseau. »
, passant derrière le scalène antérieur, s'anastomose,
. l'artère vertébrale, avec le dernier ganglion cervical
thoracique.
l. — Tronc s'anastomose parfois avec le ganglion cer-
ımier ganglion thoracique. — Branche antérieure com-
ble anastomose, avec le premier ganglion thoracique
rieur.
ıel signalèrent avant Laumonier (1793) et Lobstein, de
ıglionnaires sur le trajet du rameau carotidien (Longet,
syst. nerveux*, 1842).
qui font autorité aujourd'hui (Sappey, Hirschfeld, Cru-
pas d'accord sur la véritable nature ganglionnaire de ces
ıt-être mieux, à l'exemple de Cruveilhier, dire « *renflement*
ne préjuge rien.
enflements véritablement ganglionnaires sur le trajet du
a pu rester douteuse chez l'homme, semble bien réelle
(Voy. *Notes sur nerf vertébral considéré comme conti-
gue*, page 312.)

et
pl

m
da
ce

de
ca
qu
lie

(1
du s
van
I.
Phy
ver
Cl
men
La
ques
II.
Or
vert
man
le c
admi
t. II,
III
corr
Ch
vien
qu'e
parti
rédu
mea
sont
et po
Or
uniq
à so
est
vert
degr
Je
sur
vert
être

éunir dans une figure schématique les 'elatifs à la provenance des nerfs vascu-rotidien, comparée à celle des nerfs vascu-ertébral. On voit (fig. 136) que le plexus mane du premier ganglion thoracique, du ıférieur, et successivement (1,2,3,4,etc.), 'vicaux (1). On voit d'autre part que le rotidien est également en rapport par le ec le ganglion cervical inférieur et les huit , 2, 3, 4, etc., mais que, de plus que

, comme les oiseaux, une vertébrale qui semble se soit pour fournir des rameaux à la moelle épinière et pour les muscles de la nuque, et cette artère ne paraît ıation de la basilaire (Cuvier, *Anatomie comp.*, t. VI). onnellement petite chez le blaireau, et s'anastomosant onsidérable avec l'occipitale. (Planche inédite de Cuvier, Edition de Cuvier.)

.es animaux hibernants en général) ont une artère ver-te que la carotide interne, au point qu'on a cru que ces e cette dernière. L'artère basilaire, dans ce cas, forme ou même en totalité, le cercle de Willis, et fournit les nme les artères antérieures du cerveau.

.r les vaisseaux céphaliques de quelques mammifères ıt l'hiver. (*Ann. sc. nat.*, t. II, p. 200).

Inde et l'agouti, la vertébrale forme principalement le carotide interne n'est représentée que par un petit ra-erne qui pénètre dans le crâne par le trou ovale. (Cuvier 138.)

carotide interne, très-divisée, très-contournée, ne four-ı cerveau.

narmotte, la distribution de la carotide interne ressemble cureuil.

d'anatomie comparée, Rapp, *Mém. sur le réseau admi-et Physiol.*, Meckel, 1827. — Barlow, *Disquisitiones.*

avec tous les nerfs de la région cervicale. (Voy. plus *lu nerf vertébral avec les nerfs cervicaux.*)

dernière disposition qui a fait admettre par Wrisberg *vig Scriptores neurol. min.*, t. III), — Longet (*Anat. et* t. II, p. 524), —Valentin (*Encycl. anat.*), et beaucoup d'au-le nerf vertébral constituait un moyen d'union entre les ganglion cervical inférieur.

, résultats fournis sur ce sujet par les recherches dont il le de *plexus vasculaire* n'en reste pas moins établi. C'est e devais mettre à profit, mais j'ai cru devoir compléter ıant en note les détails qui précèdent.

dentes (*Rapports du nerf vertébral avec les nerfs cervi-al considéré comme cordon sympathique.*)



ɛ i
l
n

Fig. 136. —
CS. (—GS,
inférieur,—
les huit ne
pes de nerf

Restera
si nombre
que j'ai di
sens dans
sein du pl
l'un et l'au
Cette dé
suppose en
sympathiqu
3ᵉ partie d'
ce sujet.

chapitre, je rapprocherai l'innervation
encéphale de celle des autres régions,
hode que j'ai suivie jusqu'ici.
mmençant ce travail, que les vaisseaux
t leurs nerfs du sympathique thoracique
et des nerfs mixtes rachidiens; plus
erficielles et profondes), *crâne* (régions
mais à la fin de chaque étude partielle
rfs vasculaires (sympathique libre sui-
erfs facial et trijumeau); maintenant je
culaires de l'encéphale proviennent, pour
nme pour le groupe postérieur, du sympa-
rotidien, nerf vertébral) et des anastomoses
crâniens, nerfs rachidiens cervicaux)

ue j'avançais au début que « l'on peut
ovenance des nerfs vasculaires crâniens,
rfs vasculaires des membres à deux
que libre (ganglions ou plexus), et les
itifs réunis dans les membres, dissociés



c

cl

na

ré

to

to

ne

ver

nai

thic

dan

patl

dier

D

men

la *p*

mên

J'

les p

des

donn

Ch

ISION VERTÉBRALE DU CRANE.

ıe en vertèbres fut au début de ce siècle scientifique avec un véritable enthou- acceptée sans hésitation par des savants ‹en appliquait à la tête sa conception gé- vertébrale des divers segments du corps, ı ensemble la valeur de la théorie sans les détails, il écrivait : « Le squelette ·al, développé, ramifié, et l'os vertébral né du squelette ; l'homme entier n'est »

question fut mise à l'étude, beaucoup ›les à la segmentation vertébrale du des travaux entrepris pour l'appuyer;

trung der Schadelknochen, Iéna, 1807).
er travail fut publié, Oken ne pouvait connaître les ›nt le jour qu'en 1820. — Ce dernier cependant re- des matériaux d'étude, et il avait déjà, avant 1791, rmé d'os vertébraux, car, à cette époque, le hasard dans un cimetière de Venise, une tête de mouton la théorie de la dérivation vertébrale. « Là, dit-il, ns sa généralité. » (Zur Morphologie, II.) — (Cita- ıer.)
ıste, émis en 1792 l'opinion que le crâne était formé ces recherches antérieures ne paraissent point de mérite d'avoir le premier insisté sur l'importance

yclopédique, 1808) reprend les idées de J.-P. Franck.
?hilomatique, 1810. Ostéographie).
815).
·herche à étendre la théorie aux articulés V. I.) et e, 1835.
s Gegenbaüer; 1811, d'après Milne-Edwards.
ınales sc. nat., 1824).

1827). Développement du crâne d'après un type ne vertébrale.
n, 1846, et Ostéologie comparée, 1864) remanie la

ŀ).
39) cite vices de conformation du crâne, analogues ncéphaliens, de Geoffroy-Saint-Hilaire, — Noden- dencéphalie).



I
s

la
p.

inc
tèb
les
leu
S.
part

(1) R
Eleme.
Parm
des dou
brale n'
ce n'est
trouver
La con
sulter elle
intermédia
des anima
cette conc
lement ne
reste des p
métamères
fait isolé, et
squelette ax
des insectes
Anatom. con
C'est surto
ethmoïdal et
plus vives obj
dorsale, base
au delà du seg
t. X) fait remar
cordienne plutô
travail organog
naissance à tout
évidemment en
Donc l'absence d
entre ces anneaux
loppement de la

enne, je me contenterai de rappeler que le
enté par la partie moyenne, le trou de con-
encontrer sur le côté de ce corps : il sera
tèbre postérieure et la vertèbre moyenne par

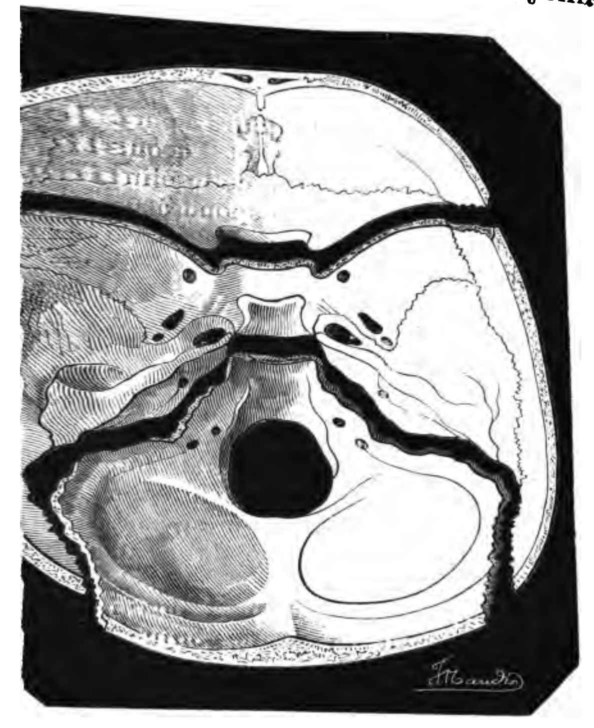


Fig. 137. — Segmentation vertébrale du crâne.

chiré postérieur, entre la vertèbre moyenne et la
ntérieure par la fente sphénoïdale et les annexes,
d rond et trou ovale (1).

u grand rond et le trou ovale sont annexes de la fente sphénoï-
ble trou de conjugaison antérieur, parce que, comme nous le ver-
t, ils servent au passage d'éléments dissociés d'une même paire.

ie comparée nous démontre du reste que cette émergence des élé-

ŝ

té
l'a
pa

Da
supér
bonne
ce fait
intercal
montrée
seconde,
par une
On pou
isolé *de*
rıeur), de
de l'appare
nation *qui*
cervelet, pe
Quand il
fonction, les
considérés co
Il reste *donc*
correspondant
pour *nerfs prim*
dans la série a
pement, nous a
groupe trijumeau
Mais cette distinc
antérieure, *du Va*

ments d'une *même pair*
rachidienne. Chez les S
séparément le *canal rac*
(ruminants, solipèdes), or
de quelques *vertèbres.* —
(1) *Encyclopédie anat.*,
(2) *Ibid.*

r être ainsi simplement formulée : elle
ıttention.

ıatomie comparée pouvait légitimer cette
lé un certain nombre de matériaux, tous
e vue de la fusion des nerfs crâniens en
la dépendance dans laquelle ils sont les
' rapport au trijumeau et au pneumogas-

ıts de comparaison que je reproduis dans
ıvant d'étudier les rapports du sympathi-
âniens.

---

crâniens à deux groupes représentant
ıa une paire rachidienne.

ale, on trouve de nombreux exemples
er : 1° au trijumeau les nerfs moteurs
externe, le pathétique, une partie du fa-
rijumeau ; 2° au pneumogastrique, une
osso-pharyngien, le spinal et peut-être
groupe pneumogastrique.
x groupes conserve sa valeur chez les
où ses éléments constitutifs se présentent
iés. C'est là une déduction forcée, dont
ne peut être mis en doute.

Groupe trijumeau.

me faisant partie du groupe trijumeau. —
deux nerfs est un fait établi : l'anato-
tous deux se partageant l'innervation
lles de la face, d'une grande partie de
dans les muscles, la peau, les muqueu-
les parois vasculaires (V. détails, *Nerfs*
L'analyse physiologique, entre les mains
ıtré leurs rapports par la sensibilité ré-



Fig.
voi
pip

C
P
mote

(1)
(2)
(3)
(4) G
Mül
Büc.
facial a

chez l'homme le grand et le petit nerfs
sont fournis par le facial. Chez les amphi-
ils se retrouvent comme une dépendance
ayant des rapports avec la branche repré-

an, si bien associée chez l'homme et les
ual du maxillaire inférieur, se retrouve
maxillaire inférieur chez les téléostiens,
es urodèles (1).
ndications surtout, découle l'association
ec les deux branches inférieures du tri-
l serait plus spécialement affecté comme
is que les moteurs oculaires appartien-
thalmique.

onsidérés comme faisant partie du groupe fères. Chez les cétacés déjà, la première
u donne des rameaux aux muscles de

erf moteur oculaire externe passe dans
(3), et le trijumeau donne par conséquent
s de l'œil.
chez les grands crapauds (4) (bufo pan-
traverse en partie le ganglion.

es poissons osseux, où il est distinct et
noteur oculaire externe s'applique à une
umeau pendant une partie de son trajet.
l fait défaut, et le muscle droit externe
jumeau (5).
l'origine n'est pas distincte chez les cy-
foré, se confond chez la lamproie en un
eur oculaire commun (6).
avec ce groupe, j'ajouterai, qu'au plus
on, chez les myxinoïdes, par exemple,

p. 730.
rchiv., 1838.)
rol. d. Amphib.)
Archiv. anat.-physiol. et atlas, 1838.)
, p. 47.



3e

184

V

S

sch

V

C

Œu

R.

W

Sc

Sœ

(*V.*

A.

rée est très-explicite au sujet de cette

rapports de ces deux nerfs chez l'homme
:er) aux mammifères (magot, chien,
c, cochon, mouton, veau, etc.).
t son origine à part, le spinal entre aussi
neumogastrique chez les oiseaux et les
perd son origine distincte comme chez la
de poissons osseux et les cyclostomes.

nsidéré comme faisant partie du groupe pneumogastrique.

le glosso-pharyngien marche principa-
e pneumogastrique. (Dans le *strix scops*
ntenu dans le pneumogastrique.) (Bis-

ıs, il forme le rameau le plus antérieur
nerf vague, et ne paraît isolé qu'à son
moëlle allongée. (Vogt.)

une connexion semblable s'observe, la
arquée à la sortie de la moelle ou de la
sur le reste du trajet.

(sélaciens, ganoïdes et téléostiens), le
e prend que peu à peu la signification
t. (Gegenbaüer.)

é comme faisant partie du groupe pneumogastrique.

laire chez l'homme indique déjà ce rap-
n'est plus explicatif à cet égard que l'a-
s d'abord (V. fig. 138), nous montrant le
e trijumeau et le pneumogastrique, en-
sion partielle du facial en nerf opercu-
es poissons.



Hy

Il n'y
au nomb
serait po
La raiso
paud) il
et comm
origine n
nerf rach
gastrique
trou conc
chiré pos
sont ann

Ici, co
détails pr
a pour ne
portion dı
l'hypoglos

En rész
crâne lais
une paire

(1) Mayer.
(2) Bibliog
(*Anat. comp*
J'y ajoute
biani :
Sur l'encé
1° Studien
Zeitschrifft
Pl. I.)
2° Ueber
(*Ibid.*, t. 23,
3° Ueber d
t. XXIII, p.
Sur le syst
schrift von

IENT ENTRE LE SYMPATHIQUE CRANIEN
: SYMPATHIQUE RACHIDIEN.

e titre à la troisième partie de mon tra-
ur servir à l'étude du sympathique crâ-
esprit dans lequel je l'abordais. La plus
semble en effet de rigueur dans les ten-
car je ne crois pas qu'on doive encore
ıinations précises à l'égard du sympa-
›orts avec les nerfs crâniens. Nous avons
ntes raisons pour assimiler les nerfs crâ-
idiens, pour rapprocher par suite les fi-
contiennent ces deux ordres de nerfs;
ıhes sont encore nécessaires pour affirmer
le ressemblance!

dernier chapitre, est donc aussi restreint
nt : ce sont des matériaux de travail, des
raison, que je veux présenter, et non un
exposerai simplement ce qui ressort des
.r l'anatomie et la physiologie humaines,
omparée, en appliquant ces notions aux
ınes que j'ai étudiées dans le précédent

athique crânien semble être représenté
éunion des filets entourant la carotide in-
lion cervical supérieur : le groupe triju-
ıienne) lui fournirait au niveau du plexus
ıents empruntés au centre bulbaire, le
ıtrique (2ᵉ paire crânienne) lui apporte-
ıant du même centre.

ı rapproche de ce dessin schématique la
. détaillée (fig. 135), des anastomoses crâ-
ıique que j'ai figurées d'après la description
›ey (V. page 308), on voit à quels nerfs cor-
›ts représentés (figure 139) en lignes ponc-

›arant à la figure 139 le schéma du rameau



commun
générale
ner quel

Fig. 139. — 1. 1re
laires et partie d
(pointillé de la figu
2. 2e paire crân
sensitifs), fournissa
supérieur.

Ans

I. — *Anast*

Dans *la 1re* pai
nit son appoint *a*
phalique du sym
plicité des *élémen*
doit s'attendre à e
nant *soit du trijun*
teurs qui y sont *a*
La *complexité*, loin
on retrouve *ici divi*
glomérés dans les

ıes elles-mêmes sont dissociées sous forme
s.

ı mentionner tout d'abord les filets conte-
ent sensitif soit en deçà, soit au niveau, soit
renflement ganglionnaire, et les auteurs qui
nt à cet égard de la façon la plus nette, sont
qui, à l'époque où ils décrivaient et figuraient
e scalpel leur découvrait, ne songeaient point
nation théorique : Arnold, Weber, Fœsebeck,
lécrivent de nombreux filets entre le tronc du
ganglion, les trois branches d'une part, le plexus
autre part. La région du plexus carotidien à la-
issent ces filets est même précisée avec soin: c'est
reuse externe de la carotide interne que quelques-
ent encore le ganglion carotidien ; ce sont aussi
sphénoïdaux externes situés un peu plus haut. (Il
près les descriptions et les figures des auteurs
s que ce soit surtout avec la branche externe du
rotidien que se font ces anastomoses ; la branche in-
même nerf carotidien semblerait plutôt en rapport
ement moteur de la 1[re] paire crânienne.)

. il s'agit d'indiquer d'une manière positive de quelle
du trijumeau émanent ces filets de communication,
trouvons plus le même accord entre les anatomistes.
(2) dit expressément que les anastomoses existent
ganglion de Gasser, la branche ophthalmique d'une
le plexus carotidien d'autre part ; mais il ajoute « on
rouve pas avec la branche maxillaire supérieure (en
de la communication avec le ganglion de Meckel), et
e avec la branche maxillaire inférieure. »

professeur Sappey, d'accord avec Bock, dit aussi (1),
elques auteurs mentionnent encore quelques filets anas-
otiques qui se rendraient aux nerfs maxillaire supérieur et
illaire inférieur; je n'ai pu jusqu'à présent constater leur
stence. »

e les ai indiqués (figure 135) d'après Langenbeck, Arnold,

) Arnold. (*Loc. cit. Surtout, Icon. nerv. cap.*)
2) Bock. Meissen 1817.
(1) Sappey. (*Névrolog.*, p. 485 et 483.)

Weber, F
lets about.
Sans qu
sympathiqu
la *portion* i
au centre, e
envoie à la
laire *supéri*
cela s'observ
rach*idiens*).
Ces filets
avec ceux qui
du plexus *car*
pitre des nerf
nance probabl
troubles qui *su*
sympathique ce
Les *nerfs mo*
tout en rapport,
neux, *et* peut-ê
avec le rameau *i*
sont indiquées s
C'est de *cette r*
branches de la ca
ct sphéno-palatin
carotidien du *nerf*
fibres : j'ai eu occa
graphe *arrière-foss*
beaucoup d'anatom
ques-uns *la* princip
Du reste, pour c
naires ophthalmique
bientôt quelques *dét*
Je signale, pour c
nienne *avec le* plexu
démontrée à la *conv*
Quelques auteurs cepe

(1) Randacio, en 1863, a in
glion de Meckel. (Cité *par* S

ntrelacement de nerfs qui se trouve à ce ctère ganglionnaire est loin d'y être admis, pey reporte au ganglion cervical supérieur u plexus carotidien.

omoses du groupe pneumogastrique.

; de ce groupe se font d'une manière beau-vec le ganglion cervical supérieur. Dans la atégorie d'anastomoses a été entièrement description du professeur Sappey (*Névrol.* le suffit pour y reconnaître la provenance constituent.

er que le facial, qui appartient, comme nous et à l'autre groupe, ne s'anastomose point rotidien ; il entre seulement en rapport avec ques à la périphérie (V. face), et emporte du ; vasculaires empruntés au bulbe.

vical supérieur serait donc l'aboutissant des otiques, ou, pour continuer notre parallèle, *municants crâniens.* Les détails qui précè-j'ai eu souvent l'occasion de mentionner à vasculaires des lésions de ce ganglion per-mettre ainsi.

incipaux renseignements que nous fournit tive de l'homme au sujet des rapports du les deux groupes des nerfs vertébraux crâ-

nant y joindre les faits d'anatomie comparée r appui, et je résumerai en quelques mots servées que je crois possible de déduire de cuments.

iennes du sympathique. — Anatomie comparée.

RIJUMEAU.

oprement dit.

: le nerf vidien chez les *mammifères* comme



fourni p
tidien ex
Chez l
la *branch*
vidien (fil
Le *mén*
qui résum
rameaux a
l'un va *se r*
carotidien, s
et du *facial*,
le long de *la*
Chez les *r*
le *sympathiq*
carotide et s'u

Fig. 149. — (Empruntée
du *nerf vidien* » s

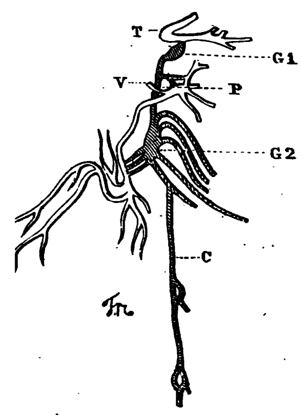
Swan (4) figure
sympathique *disti*
branches, avec un
de la base *du crân*
niquant avec le sec
Chez *les ophidien*
meaux partant *du g*
tomoser avec des ra
en formant *un petit*
pourrait, d'après Cu

(1) Cuvier. *Anat. compa*
(2) Siebold et Stannius (*A*
(3) Bojanus. (*Anat. Testu*
(4) Swan. (*Illustrat. anat.*

ents qui donne un filet à la membrane

le sympathique représente à la base du
(avec filets de communication pour *chaque*
peut suivre le sympathique jusqu'à la
iez les poissons osseux que chez les pois-
quoiqu'on ait nié qu'il existât chez ces

' (2), le sympathique commence au triju-
ns (V. fig. 141), avec un ou plusieurs gan-
'acines de ce nerf.



Esox Lucius (Gegenbaüer).
: né de la branche inférieure du trijumeau T.
. V fournissant une racine au 2e ganglion.
x 4 premiers nerfs spinaux. — C, cordon sympathique.

·ément incomplète, est suffisante cepen-
ue les rapports, indiqués chez l'homme
neau et le sympathique, se retrouvent chez
·és, et, je noterai, dans les mêmes condi-
les nerfs sympathiques carotidiens, ce qui
certaine mesure *l'assimilation que je pre-*

e syst. nerv. vita et structura in genere. Leipsick
emann.)
comp. nerfs viscéraux.)

33

se
cé

th
le
fu
cr

to

ce
ry

de

ba
ét

de
ce

gr
en
th

ré
et
po
j'a

eurs nerfs : 1° *des filets sympathiques libres,*
·ment des ganglions de la chaîne ; 2° *des filets*
ntenus dans les nerfs mixtes rachidiens et em-
·-ci à la moelle et aux ganglions.

'ONDE PARTIE, j'ai passé en revue les di-
le la face et du crâne, indiquant, pour chacune
s vasculaires et leur provenance, d'après l'ana-
ve et l'expérimentation physiologique ; j'ai été
admettre :

vaisseaux superficiels et profonds de la face
ès :

lets sympathiques libres provenant du ganglion
ieur et du cordon prévertébral ;
branches du facial et du trijumeau.

vaisseaux de l'oreille recevaient leurs nerfs :
hique libre ; *b*) du facial et du trijumeau ; *c*) du
cal.

s vaisseaux des téguments du crâne recevaient
es leurs : *a*) du sympathique libre ; *b*) du facial et
u ; *c*) du plexus cervical.

s vaisseaux encéphaliques étaient innervés :
plexus carotidien, en tenant compte, pour la signi-
ysiologique de ces filets sympathiques, des anasto-
c les nerfs crâniens ;
plexus vertébral, en tenant compte, au même point
es anastomoses des nerfs cervicaux avec le nerf ver-

cette seconde partie ont été étudiés les trois points
entaires suivants :

ımen des principales théories de la dilatation vascu-
oduite par l'excitation de certains nerfs (dilatation
re active).

usion. — « Nous ne sommes pas certain de posséder
able théorie de la dilatation active » (empruntée au
eur Vulpian).

tude des nerfs sécréteurs.

clusion. — Indépendance du facteur circulation par

ral
sul

plé
bra

ton

1
pat
sio

ne
de
per
pré
gar
die
2
de
cat
me
qui

IX.

;ION ET VITESSE DU SANG.

---

n et vitesse du sang dans les artères.

r les mouvements du sang, on demande au manomètre
e saurait fournir. La pression du sang résulte, non-
impulsive du cœur, mais aussi du plus ou moins de
ntent les vaisseaux capillaires au passage du sang. —
est de chercher un critérium qui permette de savoir
gement qu'on observe dans la pression du sang.

la pression du sang ; défauts et qualités de chacun
onstante et pression variable. — Sphygmographe à

;surer la vitesse du sang. — Nouvel appareil basé sur
3 de Pitot. — Vitesse constante et vitesse variable. .

›n du sang dans les artères et tension arté-
rès synonymes; en tout cas, on les trouve
indifféremment par les divers auteurs.
ıt le mot de *pression du sang* dans les artères
ıomènes de la circulation artérielle au mou-
əs dans les conduits, sous l'influence de la
ı d'un réservoir élevé. Mais le mot de *ten-*
ime mieux la nature de la force qui pousse
·tères; ces vaisseaux, en effet, distendus
sive du cœur, pressent, comme un ressort
renferment et l'expulsent par la seule voie
e : à travers les vaisseaux capillaires.

:

I
g
s
s
r
r
(
a

c
e
l'
n
v
g
l(

n
d
r.
e
c
ti
p
(
v
E
v
q
n
fc
sa
q
é

g
ar

section ou la galvanisation des nerfs, et des cas bien simples où, sans faire éprouleur à l'animal, on modifiait le cours du ères, je constatai que, sous l'influence de la tension artérielle, le cœur change seconence de ses pulsations, et formulait ainsi la ette relation. « *Toutes choses égales du côté lu cœur,* la fréquence de ses battements tension artérielle augmente et réciproque-

tait appuyée sur un grand nombre de faits, es, pour qu'on pût aisément se convaincre rimitivement sur la tension artérielle toute varier secondairement la fréquence des bat- (1). Ma théorie fut bien accueillie d'abord ; en effet, contrôler les expériences qui lui base. Mais la formule que j'avais employée rop peu explicite, car bientôt il ne fut tenu cette réserve importante : *toutes choses égales vation du cœur*. On m'opposa des cas où la fréments cardiaques était accrue en même temps artérielle était élevée ; d'autres où les batteares avec une pression faible. Il suffirait si la loi ci-dessus énoncée est interprétée avec à toutes les objections. En effet, la tension deux facteurs : la force impulsive du cœur et la sang éprouve pour sortir des artères, je n'ai eu as, facile à produire, où l'on agit sur le facteur s ce cas seulement, on doit trouver le rapport *ion artérielle forte, battements du cœur rares. battements fréquents.*

age la condition inverse, celle où l'écoulement nt pas modifié, une influence nerveuse, directe élère les mouvements du cœur, il est clair que changé et deviendra : *Battements du cœur fré-*



e étaient les effets de la saignée, de la compression et du ronces artériels volumineux, des attitudes, de l'action muscuetc.

que
faib
E
en
vue
artè
O.
fluen
nerv
riqu
pres
C'es
L
temp
plus
men
C
le c
batt
L
ne c
arté
de c
L
crité

Dé

L
proc

(1)
que p
comp
aortiq
(2)
fréque
roche
forte
et *il*
causal

des gaz ou des vapeurs, c'est-à-dire au
tres. On connaît les transformations suc-
s le manomètre physiologique : ce fut d'a-
ıs de Hales, un tube simple dans lequel le
levant à une hauteur d'environ 3 mètres,
sous laquelle il tend à s'échapper des artè-
ètre à mercure de Poiseuille, moins embar-
la faible hauteur de la colonne de mercure
viron). Enfin, le manomètre à mercure
ui, sous le nom de *kymographion*, en fit un
r, l'un des plus précieux que la physiologie

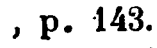
anomètres révéla tout d'abord que la pres-
les artères n'est pas fixe, mais qu'elle subit
qui tiennent à l'action intermittente du

mercure peut osciller, par exemple, entre
es. On a donc admis, en pratique, deux pres-
constante qui serait, dans le cas ci-dessus, de
t la *pression variable* qui aurait pour valeur
lement. On verra plus loin comment il faut
deux éléments de la pression du sang, et
erroné de croire que la hauteur des oscilla-
exprime l'énergie des systoles ventriculaires.
, sans rien préjuger de leur origine, il est
er, en pratique, la pression constante et la
, d'autant plus, qu'en cela, on se conforme

nt insisté, dans d'autres publications (1), sur
s des manomètres à mercure, lorsqu'il s'agit
eur de pressions qui varient d'une manière
du mercure donne naissance à des oscilla-
t la valeur absolue des indications de l'appa-
t les petites variations que l'action cardiaque
ession du sang. Dans les expériences que j'ai
iveau, nous avons recouru à des appareils ma-
sés sur l'emploi d'un corps élastique de faible

, p. 143.

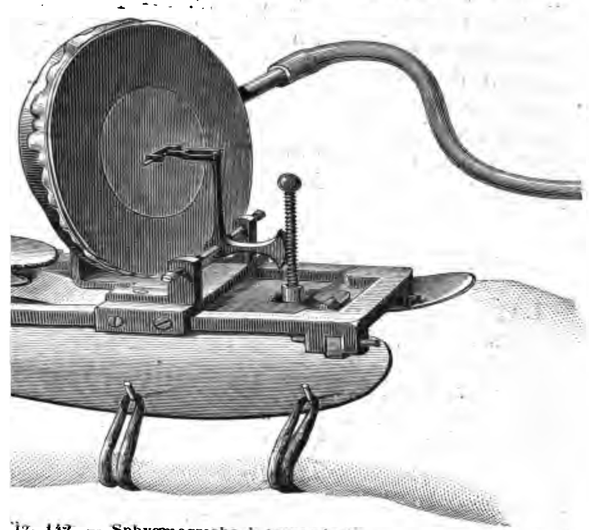




mas
Le
(voy.
la pr
men
grap
don.
M
ses
de si
remp
la v
mod
indi
entie
à tra
une
cons
ferm
pres
E
man
mer
du n
pare
de s
mètr
une
les
des
colo
fort
L
sphy
qué

(1)
(2)
(3)
coup

un levier très-léger pour amplifier les
ort. Je n'ai, jusqu'ici, rien trouvé de plus
idèle que cet instrument pour donner les
artériel ; mais il est avantageux, dans
re du sphygmographe un instrument à
la disposition que j'ai adoptée :



ig. 142. — Sphygmographe à transmission.

·dinaire du sphygmographe est conservée ; on
figure 142 appliquée sur le poignet. La vis
·liée au ressort de pression, reçoit les mouve-
, au lieu de s'engrener à la façon ordinaire
evier inscripteur, s'engrène avec une pièce
actionne la membrane d'un tambour à air. Ce
ateur du pouls est relié par un tube avec un
pteur. L'inspection de la figure montre com-
ement du ressort et de la vis agit, par un mou-
nette, pour comprimer la membrane du premier
ii fait soulever le levier du second. Dans l'em-
areil, il faut donner aux membranes de caout-

ch
di
le
trè
C
tra
cyl
pul
fou
la f
par
pér
pen

D

La
man
tifie
Hal
sion
aujo
exis
et ce
cle à
disp
tité
asse
de l
dev
four
C
vite
nam
que

(1)
(2)
mina
(3)

nouvements du pendule à l'appareil ins-
ıe s'est pas occupé suffisamment de l'inertie
ıédiaires, et qu'il a obtenu, comme avec son
les indications déformées. Chauveau, re-
›e de Vierordt, a construit un excellent
·aît traduire, d'une manière très-fidèle, les
délicates de la pression du sang. Je ne puis
lescription de cet appareil qui est basé sur
ıt : une aiguille légère plonge dans un vais-
›anguin la dévie, et l'élasticité de la paroi
erse la ramène dans sa position, si le cou-
rieur. Cet instrument a subi des modifica-
entre les mains de son auteur. D'abord
de la vitesse du sang d'après les mouvements
· un cadran (1), il a été transformé en appareil
:t. Plus tard enfin, il est devenu appareil à
tiné à agir sur le tambour à levier. C'est, je
dernière forme que Chauveau l'emploie au-

ɿraphe de Chauveau montre que dans la vi-
n doit, comme dans la pression, distinguer
et l'état variable ; c'est-à-dire qu'ordinaire-
›urs un certain degré de vitesse, qui fait que
ient jamais au zéro, mais que la déviation de
ınte à chaque systole du cœur, et diminue à
.

e imaginé un explorateur de la vitesse du sang
devoir être plus sensible encore que celui de
[ui transmet au tambour à levier ordinaire la
; avec ses variations.

ır résoudre certaines questions d'hémodyna-
·e la vitesse du liquide qui circule dans le
ɔurus à l'appareil de Chauveau, mais je n'ob-

u, Bertolus et Laroyenne, *Vitesse de la circulation dans les* ... *Journ. de la physiol. de l'homme et des animaux*, t. III, ... ɔortet, *Recherches sur la vitesse du cours du sang*. Paris, Baillière. — Rebatel, *Recherches sur la circulation dans* ... *ires*.



tins

dans

surto

trop

appar

Je

fourn

cipe

piézon

pressi

lemen

la par

coudai

soit co

rait qu

tres : il

dans le

Fig. 143. —

a, b, niveau

tés ; leurs

Soit (fig

vant la di

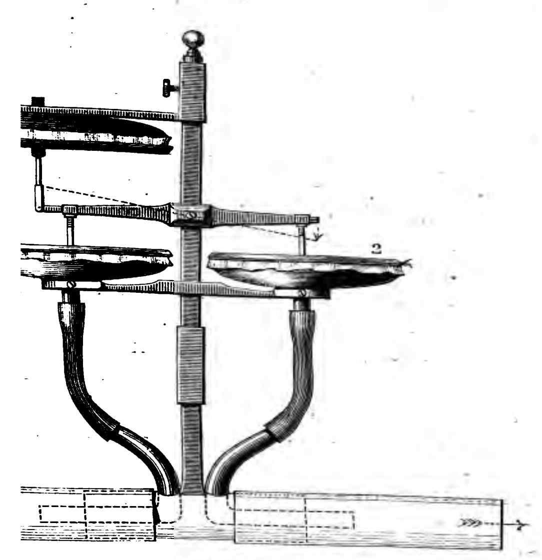
(1) *Pour le*

le Mémoire

(2) *Tubes*

quide s'élève

iveaux suivant la ligne *ab* oblique des-
rmi les piézomètres, se trouvent deux tu-
; P2. Le premier de ces tubes a son orifice
du tuyau d'écoulement et tourné contre
de. Le niveau de P1 est supérieur à celui
P2, au contraire, a son niveau plus bas
s, parce que son ouverture est tournée en
urant du liquide.



ireil destiné à inscrire la vitesse du liquide dans un tube ou dans une artère.

ig. 144) un tuyau de verre dans lequel se fait
e liquide, suivant la direction des flèches;
tot plongent dans le courant et se rendent cha-
r à membrane 1 et 2. Le soulèvement de ces
plus ou moins énergique suivant la pression
ule le liquide dans le tuyau ; de plus, il y aura
ıns l'intensité de ce soulèvement, car les deux
sont orientés en sens inverse l'un de l'autre ;

enfi
men
cule
Il
nir la
disqu
brane
culées
Ce flé
le bâti
sont s
directi
plus g
ce qui
tuyau
membr
transm
habitue
Quan
obstacle
comme
deux pr
fléau tra
de press
d'énergi
On re
l'air dans
courbe tr
Tel est
reil ; j'ajo
tubes de
duisent d
de la vite
sateur do
les artères
cations pa

pression et de la vitesse constantes.

ɒn dans un système de conduits; lois de Bernouilli. — :onditions hydrauliques de l'écoulement dans un tube, fois la pression et la vitesse du liquide. — Loi de ux conditions de la circulation du sang. — La vitesse ɜnt des changements parallèles quand ces changements ɔation de la force du cœur. — La vitesse et la pression ments de sens inverse sous l'influence de modifications ɜ capillaires. — Influences réciproques des changements n des points différents de l'appareil sanguin. Un obstacle ıg, dans une partie de l'appareil, produit, dans les autres ːt qu'un accroissement de l'impulsion du cœur.

ɩ pression constante dans le système artériel.

ɜs de Bernouilli établissent d'une manière dans tout système de conduits où il existe ı liquide, la pression va toujours en décrois- du courant. Les traités classiques de phy- ıt tous ces expériences, qui fournissent l'une ninaires les plus utiles pour aborder l'étude du sang.

isons ici, avec quelques variantes, ces expé- oles, en les modifiant dans le but spécial de ıt varie la pression dans le système artériel, ; la force impulsive du cœur ou la résistance ui change.

ɹn réservoir R plein d'eau, communiquant avec ntal d'écoulement sur lequel sont branchés ne série de tubes (*piézomètres*) équidistants, s'élèvera plus ou moins la colonne liquide, ité de la pression latérale au point dont cha- ètres se détache.

ɹe le niveau du liquide soit en 1, dans le réser- tube d'écoulement soit coupé en 2, de façon à



3.

d
la
pi
dr

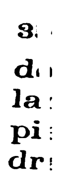




Fig. 148

pente
d'un p
de frot
charge
résistai
à s'étab
près le
muniqu
Ainsi
de pres
sous l'in
le réserv
gueur et
Faison
tout en l
niveau du
piézométi
ligne A' 2

eaux deviennent B' 2 ; elle offre une pente moins rapide. Or, comme l'écoulement croît avec la charge, on peut remarquer à que, plus les niveaux piézométriques s'éloignent de l'horizontalité, plus ils expriment un écoulement rapide du liquide.

À l'inverse du cas précédent, faisons varier la résistance à l'écoulement ; les niveaux piézométriques varieront encore, exprimant les changements survenus dans la vitesse du liquide.

Laissant le niveau du réservoir en 1, prolongeons le tube d'écoulement, ce qui augmentera les résistances au mouvement du liquide ; la pente du niveau sera 1 A. Coupons au point B le tube d'écoulement, afin de diminuer les résistances, les niveaux suivront la ligne 1 B.

Ainsi, tout changement dans la pente des niveaux piézométriques exprimera un changement dans la vitesse, quelle qu'en soit la cause (1). Pour déterminer cette cause, il faut, en même temps que la pente des piézomètres, étudier les changements absolus qui se produisent dans la hauteur des niveaux.

Si l'on examine ce qui se passe dans l'expérience précédente, suivant qu'on fait varier la pression du liquide ou la résistance à l'écoulement, on voit qu'une même pente des niveaux piézométriques, c'est-à-dire une même vitesse d'écoulement du liquide, peut se produire dans des conditions très-différentes. La figure 145 est disposée de façon à présenter deux lignes de niveaux parallèles entre elles ; 1 A et B' 2 expriment que le liquide coulait dans le tube avec la même vitesse, moindre que celle que présente la ligne 1 2. Or, cette diminution de vitesse a été obtenue dans un cas, 1 A, par l'accroissement des résistances ; dans l'autre, B' 2, par la diminution de la charge d'afflux. Inversement, les lignes A 2 et 1 B expriment un accroissement de vitesse, mais celui-ci était dû, dans le premier cas, à l'accroissement de l'afflux, dans le second à la diminution des résistances.

(1) La différence de niveau de deux piézomètres consécutifs est proportionnelle au carré des vitesses d'écoulement.

P
il su
mètı
que
la fo
sens
En
un se
figur
Elle
pose
de l'é
En
deux
lignes
la *pre*
des vi
duire
niveau
et l'écc
On
quelles
tème d
minées
vitesse
Si *on*
blement
conclur
dans le
des mod
des char
il ne fau
dier à *la*
dans le t
cœur *ou*
dans la
sang lors
sion et la

CAUSES DE CES VARIATIONS.
- **1° Cause centrale. — Cœur.** — *Afflux variables.*
- **2° Cause périphérique. — Vaisseaux contractiles.** — *Résistances Variables.*

1er CAS.

Variations d'un seul facteur (pression ou vitesse), *l'autre restant constant :*

A. — Vitesse restant constante..........	Pression augmente	Action du cœur augmentée et Résistances périphériques augmentées.
	Pression diminue..........	Action du cœur diminuée et Résistances périphériques diminuées.
B. — Pression restant constante..........	Vitesse augmente..........	Résistances périphériques diminuées et Action du cœur augmentée.
	Vitesse diminue...........	Action du cœur diminuée et Résistances périphériques augmentées.

2e CAS.

Variations des deux facteurs à la fois :

A. — En sens inverse................	Vitesse augmente.......... Pression diminue..........	Résistances périphériques diminuées.
	Vitesse diminue.......... Pression augmente..........	Résistances périphériques augmentées.
B. — Dans le même sens..............	Vitesse augmente.......... Pression augmente..........	Action du cœur augmentée.
	Vitesse diminue.......... Pression diminue..........	Action du cœur diminuée.

38

d'
sc
bı
ri
uı
oı
cc
C
ci
d'
aı
n
s
te

comme dans la fig. 145, mais présente, dans une par-
liamètre moyen, A, correspondant au système artériel;
re partie plus étroite, C, correspond aux vaisseaux ca-
s; une troisième enfin, V, plus large, imite les con-
où se trouve le système veineux.

cette figure, la ligne des niveaux piézométriques
us une droite, car les résistances qui font décroître la
n ne sont plus les mêmes aux différents points du
écoulement.

T (ligne pleine) le niveau des piézomètres sur toute la
ır du tube, on voit que, dans la partie A (système ar-
en amont du passage résistant que présente les capil-
la pression décroît très-peu. — Dans les capillaires C,
sion décroît bien plus vite, ce qui tient à la consom-
de la force motrice, ou pression, par les résistances. —
portion V veineuse, la pression est très-faible, à cause
ande consommation produite par les résistances préa-
en C; cette pression diminue très-lentement dans les
à cause du peu de résistances qu'elle éprouve.

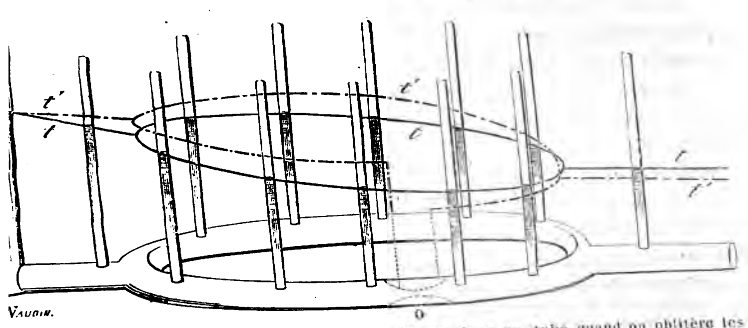
ı élargit les vaisseaux capillaires, ce qui diminue la
ale résistance au mouvement du sang, les niveaux se
sur la ligne t, dont la pente plus rapide exprime une
ande vitesse d'écoulement. — Dans la région capil-
u contraire, la pression décroît moins vite, puisque,
e même longueur de tube plus large, il y a moins de
nces au passage, d'où moins de consommation de la
n. — Enfin, le système veineux reçoit le liquide avec
ession plus forte; la région capillaire elle-même reçoit,
partie la plus éloignée de la source d'afflux, une pres-
us forte que dans le cas d'étroitesse de la région C.

'on augmente la charge du réservoir, c'est-à-dire la
'afflux, on constate une plus grande pente du niveau,
-dire une augmentation de vitesse dans tous les points
tème, et une augmentation de pression, surtout dans
ème artériel.

t se passe donc comme dans les conditions de l'expé-
représentée fig. 145, avec cette seule différence, que les
nces au mouvement du liquide ne sont pas unifor-

ande et le sang y coule d'un mouvement plus rapide ; ses s'y passent donc comme si la force impulsive du vait été accrue. Ainsi, les relations indiquées dans le ı, p. 353, entre les changements de la force du cœur ou ésistance des vaisseaux, d'une part, et les variations itesse et de la pression du sang, d'autre part, ne sont ıbles à la circulation du sang qu'avec certaines restric- dont le physiologiste devra tenir compte.

posons qu'on explore la vitesse et la pression du sang ne artère des membres thoraciques, tandis qu'on exerce ompression sur l'aorte abdominale, on constatera dans e explorée un accroissement de la pression et de la vi- du sang, absolument comme s'il était survenu une aug- ıtion de la force du cœur, tandis qu'en réalité c'est un le à l'écoulement sanguin qu'on a produit.



47. — Répartition de la pression et de la vitesse dans un tube quand on oblitère les voies collatérales d'écoulement.

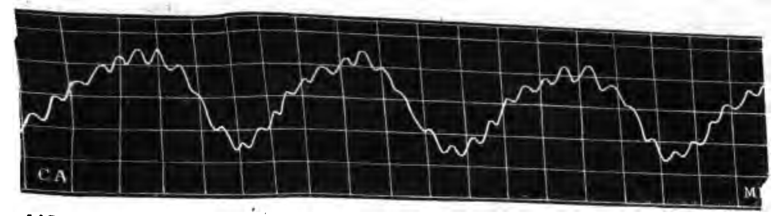
oit (figure 147) un réservoir R versant du liquide dans un luit qui se divise en deux branches, divergentes d'abord, convergentes et se réunissant de nouveau pour former conduit unique. Dans le milieu de son parcours, le liquide a deux chemins pour s'écouler ; prenant à la fois ces deux es, il passera, dans chacune, avec moins de vitesse et trou- a moins de résistance que s'il n'avait qu'un seul passage. Si des piézomètres étaient placés sur les différents points ce conduit à double voie, leurs niveaux seraient sensible- nt sur les lignes t, t, t.

A

B

cc
la
co
ba

velle ondée ventriculaire la relève de nouveau pour un ant, et ainsi de suite. Quand le régime régulier de la cir-ation est établi, il s'écoule autant de sang par les capil-es qu'il en entre par l'orifice aortique, de sorte que la ssion artérielle oscille autour d'une moyenne fixe.



148. — Pression du sang dans la carotide d'un chien, mesurée avec le kymographion de Ludwig.

es manomètres révèlent ces variations de la pression, mais altérant plus ou moins la forme de la courbe ; le sphygmo-phe et le sphygmoscope en fournissent l'expression fidèle. L'emploi de ces instruments nous montre que, suivant la sse de pénétration du liquide, les choses se passent d'une ière plus ou moins compliquée. Si l'impulsion du cœur ente, l'afflux sera représenté par une courbe dont l'aspect pellera assez bien la phase systolique de la pression intra-triculaire. Après cette première période, on verra la pres-n baisser régulièrement sous l'influence de l'écoulement du ng. La figure 149 montre l'état variable de la pression dans s conduits où le sang circule sous l'influence d'un cœur de tue.

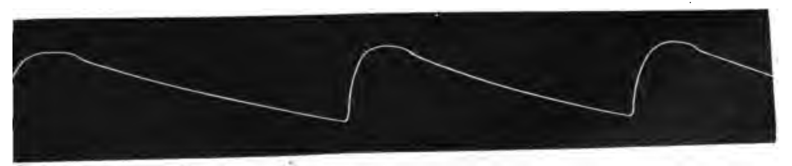


Fig. 149. — Variations de la pression artérielle d'une tortue.

Si l'impulsion du cœur est brusque, aux mouvements al-rnatifs d'ascension et de descente viendront s'ajouter les

eff
la
d'é

pre
da
ain
qu
des
les
Le
var
me
fau

gis
var
que
lati
bas

du
sur
flue
du

vol
par
que

du
plit



Fig. 181. — Montrant la diminution de l'amplitude du pouls sous l'influence d'un obstacle à la circulation artérielle qui élève la pression du sang.

du
din
t
dan
moc
tanc
le sc
tand
les n
sion
nue c
vient
toute
nom
donc
cett e p
rive
due *le*
pre*ssio*
mo men
dans le
tion, pa

Vous
qui arri
force de
cœur tou
liquide r

On a
pareil, qu
cœur, il
neaux de
transmiss
rant dans
croissante
de la press
sait. Confo
chapitre, l
l'effet de l'

figure 152 montre cet accroissement graduel des deux
de pression dans trois expériences successives : l'une
avec un seul anneau de caoutchouc pour transmettre le
ement au cœur, la seconde avec deux anneaux, la troi-
avec trois anneaux.



152. — Accroissement de l'amplitude du pouls quand la force du cœur augmente.

s deux expériences qui précèdent, faites dans des con-
is où l'on modifie à coup sûr la force impulsive du cœur
résistance au cours du sang, me semblent bien plus con-
tes que celles qu'on pourrait faire en s'adressant à la
lation du sang d'un animal. En effet, dans l'état actuel
physiologie, il n'est guère possible d'agir à coup sûr et
manière exclusive, soit sur le cœur, soit sur les vais-
capillaires ; aussi l'interprétation des phénomènes phy-
siques doit-elle, au contraire, découler de la parfaite con-
ance des conditions hydrauliques du mouvement d'un
de dans des conduits élastiques, où il est soumis à des
lsions et à des résistances variables.

nfin, je ne saurais parler de l'amplitude des pulsations
ielles sans indiquer une influence qui réagit sur cette
litude ; je veux parler de la fréquence des battements du
. J'ai longuement exposé ailleurs (1) le lien qui existe
e la fréquence et la force du pouls, en montrant que, sui-
l'intervalle de temps qui sépare deux afflux successifs du
que le cœur envoie, l'écoulement se fait plus ou moins
idamment à travers les capillaires, ce qui abaisse plus
noins la pression artérielle. Or, une systole qui se fait
les conditions de basse pression lance plus de sang que
pression était forte ; c'est pourquoi, dans le pouls irrégu-
la pulsation qui suit un grand intervalle a plus de hauteur
les autres.

Physiol. méd., p. 240.

Qu
quen
la ci
mou
telle
vite
préc
con
les
M
de
cœu
mé

sio
va
ex
la
n
le
t
c

t

Je reviendrai sur ces remarquables expériences en montrant ue leurs résultats s'expliquent tous par des lois très-simples ue l'emploi du schéma va permettre de saisir.

On a vu, à propos de la pression et de la vitesse constantes, u'il faut distinguer deux influences opposées qui peuvent es modifier :

1° Des influences de cause centrale : changements dans *ı force* impulsive du cœur ; elles font varier *dans le même ens, la* pression et la vitesse du sang.

2° Des influences de cause périphérique : obstacle plus ou oins grand à l'écoulement du sang à travers les capillaires ; es influences agissent *en sens inverse* sur la pression et sur a vitesse.

La même distinction doit être établie au sujet de la pression et de la vitesse variables.

) *Influence des changements dans la force d'afflux du sang.*

1° Si l'on comprime l'artère en amont des instruments qui explorent la pression et la vitesse, on voit les deux courbes omber à zéro (fig. 153). (C'est même le moyen dont on se



Fig. 153. — Pression et vitesse du sang supprimées toutes deux quand l'artère est comprimée en amont des instruments.

sert pour déterminer le zéro de l'échelle des deux instruments.)

2° Si l'on change successivement la force impulsive du

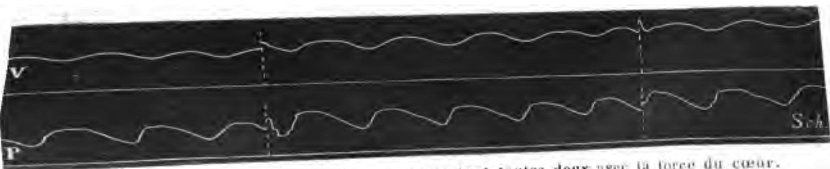
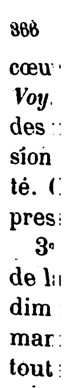


Fig. 154. — Pression et vitesse augmentant toutes deux avec la force du cœur.



cœu
Voy.
des
sion
té. (
pres
3°
de la
dim
mar
tout



Fig.

cha
mo
les

ta



Fi

ırtère ; toute vitesse a été supprimée, mais la pression variable s'est accrue sous cette influence, de même que la pression constante.

2° Si l'on diminue graduellement la perméabilité du vaisseau, on voit l'antagonisme de la pression et de la vitesse se manifester graduellement comme dans la figure 157.

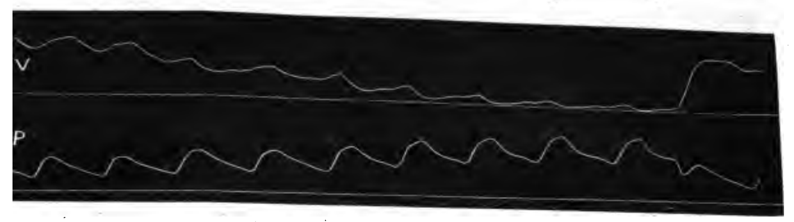


Fig. 157. — Compression graduelle du vaisseau en aval des appareils.

3° Si l'on termine le tube artère par des ajutages d'écoulement de calibres plus ou moins larges, et si on recueille trois

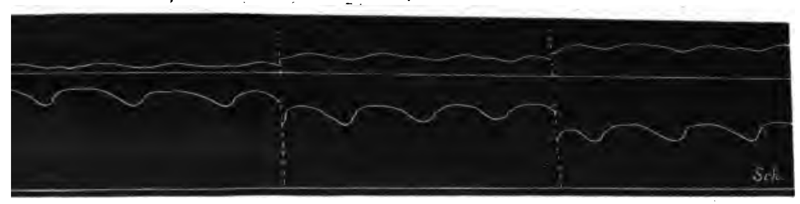


Fig. 158. — Ajutage d'écoulements de plus en plus large; la vitesse et la pression varient en sens inverse.

séries successives de tracés, avec trois ajutages de plus en plus larges, on constate nettement : que la pression variable, aussi bien que la pression constante, varient en sens inverse des vitesses variable et constante (fig. 158).

Influence de la compression de branches collatérales.

c) A côté de ces influences, il faut placer les changements qui surviennent dans la circulation d'une artère quand on comprime des branches collatérales. Nous avons vu précédemment que, dans ces conditions, la vitesse et la pression con-

st
co
gu

Fig.

pr
la
si
de
l
lèv
de
lat
co
Da
ta
P

E

sys
ce

de

ma
des
cir

ng, elle amène des variations inverses dans la pression et dans vitesse.

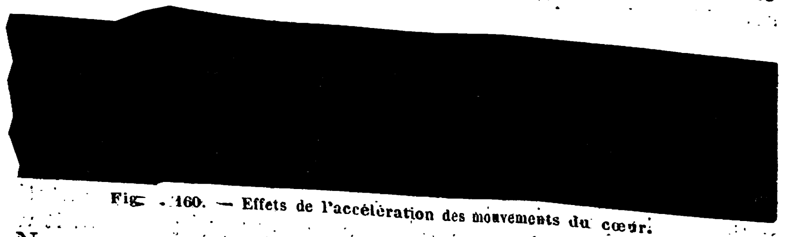


Fig. 160. — Effets de l'accélération des mouvements du cœur.

Nous pourrons maintenant prendre une à une les expé-nces de Chauveau et de ses élèves: l'interprétation des cés qu'ils ont recueillis ne présentera plus de difficulté. tte étude sera l'objet d'un travail ultérieur.

Le but du présent mémoire était de montrer qu'on peut, en nbinant l'emploi du manomètre avec celui d'un explora-r de la vitesse du sang, savoir, lorsqu'il survient un chan-nent dans l'état circulatoire, si ce changement est dû à tion du cœur ou à celle des vaisseaux périphériques.

CONCLUSIONS.

La connaissance de la pression du sang dans les artères saurait suffire pour déterminer l'état de la circulation, car e pression peut s'élever sous deux influences bien dis-tes : soit par un accroissement de la force du cœur, soit une augmentation de la résistance des petits vaisseaux. ersement, la pression artérielle peut diminuer, soit par aiblissement de l'action du cœur, soit par le relâchement vaisseaux ;

La vitesse du sang dans une artère ne saurait non plus, e seule, déterminer l'état de la circulation, car cette vi-e, de même que la pression, peut varier sous deux in-nces : soit un changement dans la force du cœur, soit une

mo
sea

3
gen
la f

4
dra
vati
dan
aug
men
exp
obst

5°
de v
tand
elle

6°
vites
des
prin
sible

7°
deux
tient
déjà
très-

8°
que l
ment
laire
que l
nutio

C'est ainsi que la mesure de la pression toute seule enseigner sur l'état de la circulation, à la condition tienne compte à la fois de son élément constant et de ément variable ;

.e schéma de la circulation permet de vérifier toutes ces ıns des conditions bien déterminées de force impulsive uide ou de résistance à l'écoulement, tandis que si l'on sur le vivant, on ne peut savoir *a priori* si l'action *provoque* s'exerce sur l'élément puissance (le cœur), l'élément résistance (les petits vaisseaux).

(*A suivre.*)

TABLE DES FIGURES

APPAREILS.

r l'exploration

COEUR :

TABLEAUX.

NOTATION.

FIGURES SCHÉMATIQUES.

lurée des phénomènes.

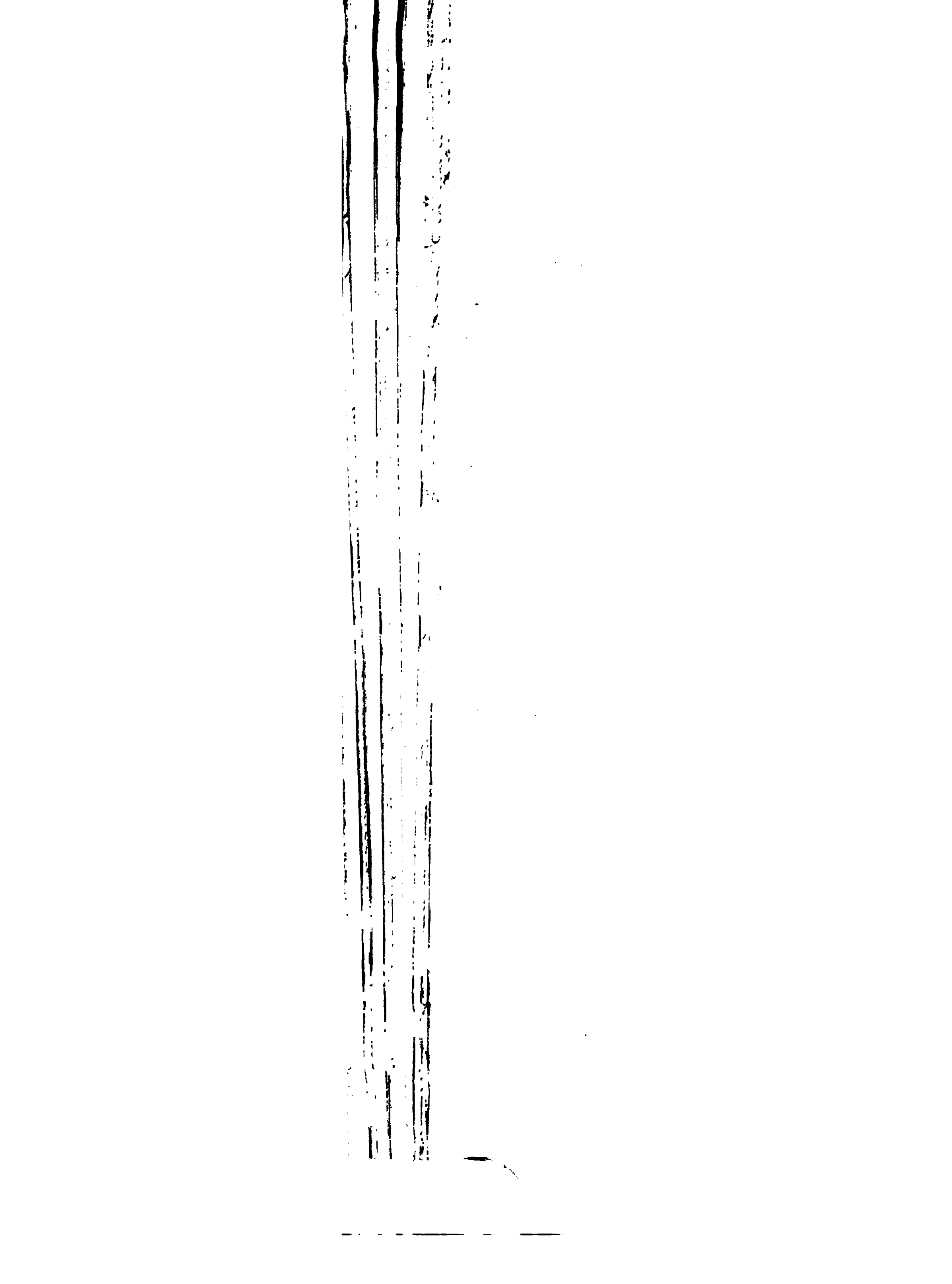
aouvements.

graphiques.

s ondes liquides.

s de la pression de l'air.

ıcés de la pression artérielle.



ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

A



D

E

F

L

M

P

Q

R

V

